Editora Bernoulli

BIOLOGIA

Volume 02

Sumário - Biologia

Frente A

03 | 3 Composição química dos seres vivos: lipídios e carboidratos
Autor: Marcos Lemos

04 | 13 Composição química dos seres vivos: nucleotídeos, ácidos nucleicos e ATP
Autor: Marcos Lemos

Frente B

03 | 21 Histologia animal: tecidos conjuntivos de transporte e de sustentação
Autor: Marcos Lemos

04 | 37 Histologia animal: tecido muscular
Autor: Marcos Lemos

Frente C

05 | 47 Bacterioses
Autor: Marcos Lemos

06 | 57 Protozoários e protozooses
Autor: Marcos Lemos

07 | 71 Fungos
Autor: Marcos Lemos

08 | 81 Poríferos e celenterados
Autor: Marcos Lemos

Frente D

05 | 91 Genética: interação gênica
Autor: Marcos Lemos

06 | 99 Genética: herança dos grupos sanguíneos
Autor: Marcos Lemos

07 | 107 Genética: herança ligada aos cromossomos sexuais
Autor: Marcos Lemos

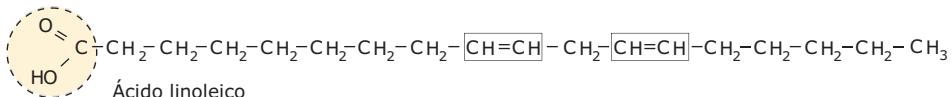
08 | 113 Genética: *linkage*
Autor: Marcos Lemos

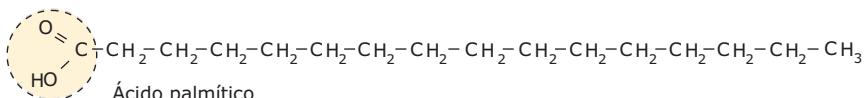
BIOLOGIA

MÓDULO 03 FRENTE A

Composição química dos seres vivos: lipídios e carboidratos

LIPÍDIOS

Ao contrário da maioria dos compostos orgânicos, os lipídios, lipídeos ou lípides são insolúveis em água. Por outro lado, são solúveis em solventes orgânicos, como álcool, éter, clorofórmio, etc.

Podem ser subdivididos em: lipídios simples, lipídios complexos, esterídeos e carotenoides.

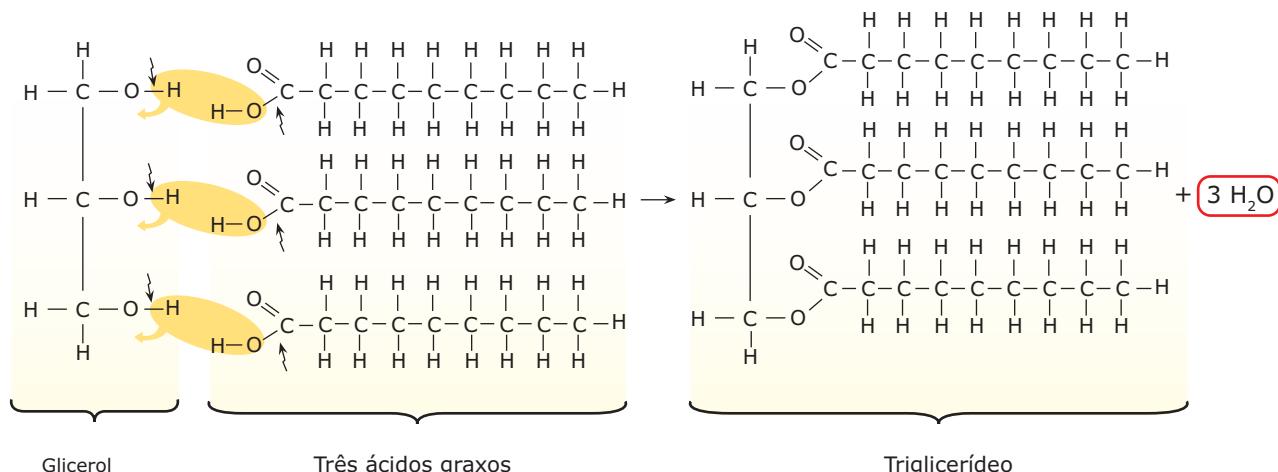
Lipídios simples

Compostos resultantes da associação de ácidos graxos com álcoois. Do ponto de vista químico, os compostos resultantes da associação de ácidos orgânicos com álcoois são classificados como ésteres. Assim, pode-se dizer que os lipídios simples são ésteres que resultam da associação de ácidos graxos (que são ácidos orgânicos) com álcoois.

Ácido orgânico + Álcool → Éster + Água

Os ácidos orgânicos que participam da formação dos lipídios simples são chamados genericamente de ácidos graxos. Esses ácidos têm moléculas constituídas por longas cadeias abertas de átomos de carbono ligados a hidrogênios e têm, em uma de suas extremidades, o grupamento ácido carboxila (COOH). Podem ser saturados ou insaturados, conforme a cadeia carbônica seja saturada ou insaturada. Veja exemplos a seguir:

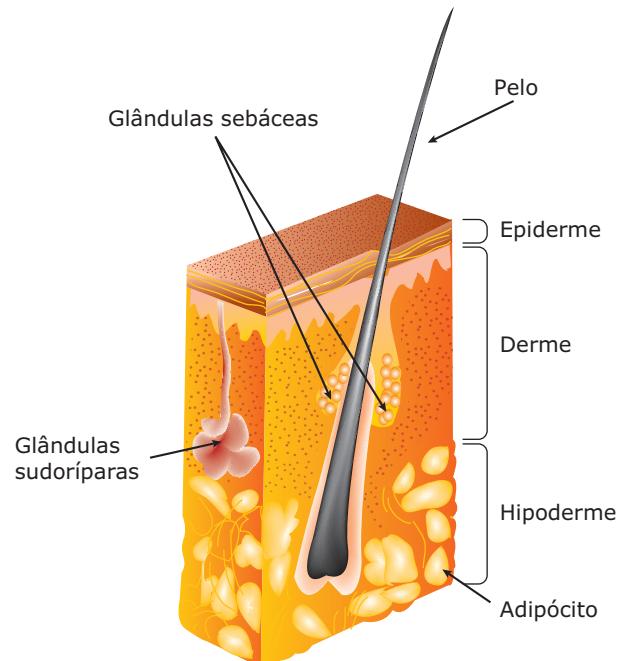
$$HO-C(=O)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-\boxed{CH=CH}-CH_2-\boxed{CH=CH}-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$$

Ácido linoleico

$$HO-C(=O)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$$

Ácido palmítico

Ácidos graxos *– O ácido linoleico é um exemplo de ácido graxo insaturado, enquanto o ácido palmítico é saturado.*

Os ácidos graxos podem ser naturais (produzidos no próprio organismo) e essenciais (obtidos pela dieta). Entre os essenciais, há um grupo de ácidos graxos conhecidos por ômegas (ômega 3, ômega 6), que ajudam a diminuir os níveis do mau colesterol (LDL) e a aumentar os do bom colesterol (HDL). Óleos vegetais (linhaça, canola, girassol) e peixes de água fria (atum, sardinha, salmão) são exemplos de alimentos ricos nesses ácidos graxos.

Os lipídios simples estão distribuídos em dois grupos: glicerídeos e cerídeos.

A) **Glicerídeos (glicerídios, glicérides)** – Resultam da associação de ácidos graxos com o álcool glicerol (glicerina). Conforme a molécula do glicerol se liga a uma, a duas ou a três moléculas de ácidos graxos, os glicérides podem ser classificados em monoglicérides (monoglicerídeos), diglicérides (diglicerídeos) e triglicérides (triglicerídeos). Os monoglicérides resultam da união de uma molécula de ácido graxo com uma de glicerol; os diglicérides são resultantes da união de duas moléculas de ácidos graxos com uma de glicerol; os triglicérides vêm da união de três moléculas de ácidos graxos com uma de glicerol. É bom ressaltar que, toda vez que uma molécula de ácido graxo se liga ao glicerol, há a formação de uma molécula de água. O esquema a seguir mostra a formação de um triglicéride.

Glicerol Três ácidos graxos → Triglicerídeo + 3 H_2O

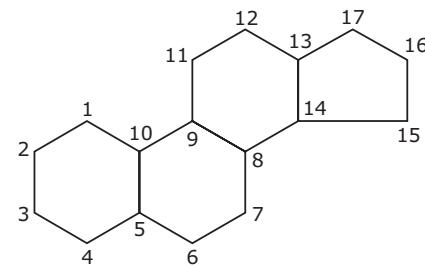
Formação de um triglicéride *– Observe que, para se estabelecer a ligação entre o glicerol e o ácido graxo, o glicerol perde o hidrogênio do grupo hidroxila (OH), e o ácido graxo perde a hidroxila (OH). Esse hidrogênio e a hidroxila liberados combinam-se entre si, formando uma molécula de água. Assim, da reação entre uma molécula de glicerol e três moléculas de ácidos graxos, formam-se três moléculas de água e uma de triglicerídeo.*

Glicerídeos saturados (sem duplas ligações na cadeia carbônica) são sólidos à temperatura ambiente e constituem as gorduras (banha de porco, gordura de coco, etc.). Já os glicerídeos insaturados são líquidos e constituem os óleos (de soja, de amendoim, de milho, de fígado de bacalhau, etc.).

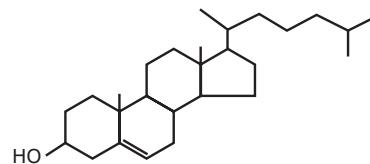
Os óleos e as gorduras, muito utilizados em nossa alimentação, são importantes porque atuam como material de reserva energética e são a segunda fonte de energia para o organismo (lembre-se de que, em condições normais, a primeira fonte de energia são os carboidratos). Os óleos são armazenados em muitas sementes, frutos e fígado de alguns animais. As gorduras são reservas energéticas, principalmente dos animais. Em muitos animais, inclusive no homem, existem células, denominadas adipócitos, especializadas em armazenar gordura. Tais células são encontradas em maior quantidade no tecido adiposo da tela subcutânea (hipoderme), localizada logo abaixo da derme. As gorduras aí armazenadas, além de constituírem uma importante reserva energética, exercem outras funções, como proteção mecânica para os órgãos internos, especialmente os ossos, uma vez que funcionam como amortecedores dos impactos ou choques mecânicos. Outra função também desempenhada por essas gorduras é a de isolante térmico. Por serem maus condutores de calor, os lipídios impedem a perda excessiva de calor através da pele e, assim, ajudam na manutenção da temperatura corporal.

Corte esquemático da pele humana *– A pele é formada por duas camadas: epiderme e derme. A epiderme é constituída por tecido epitelial de revestimento estratificado pavimentoso queratinizado. Nas camadas mais profundas da epiderme, encontramos os melanócitos, células responsáveis pela síntese da melanina, substância que protege a nossa pele dos efeitos nocivos da radiação ultravioleta do Sol. A derme é constituída, principalmente, por tecido conjuntivo propriamente dito. Abaixo da derme, fica a tela subcutânea (panículo adiposo, hipoderme) constituída por tecido conjuntivo adiposo.*

É bom lembrar, entretanto, que o excesso de triglicérides (gordura) na nossa corrente sanguínea é prejudicial ao organismo, uma vez que aumenta a probabilidade de formação de ateromas (placas de gordura nas paredes das artérias) e, consequentemente, o risco de ocorrência de doenças cardiovasculares. Quando em altas taxas na corrente sanguínea, os triglicérides depositam-se sobre as paredes das artérias que, então, tornam-se mais estreitas, dificultando a passagem do sangue, podendo causar hipertensão (aumento da pressão arterial) e aumentar a probabilidade de ocorrência de doenças cardiovasculares, como o infarto do miocárdio.

B) **Cerídeos (cérides)** – São lipídios simples que resultam da associação de ácidos graxos com álcool de cadeia aberta diferente do glicerol, como o álcool cetílico ($C_{16}H_{33}OH$). O álcool que participa da formação dos cerídeos sempre possui uma cadeia carbônica maior do que a do glicerol, ou seja, são álcoois de cadeias longas.

Os cerídeos estão representados pelas ceras de origem animal e vegetal e têm importante papel na proteção e na impermeabilização de superfícies sujeitas à desidratação. Em muitas espécies de vegetais, como na carnaubeira, há uma camada de cera sobre a epiderme das folhas que impede a perda excessiva de água através da transpiração foliar. As ceras também servem como matéria-prima para a construção das moradias dos animais que as fabricam. É o caso, por exemplo, das colmeias das abelhas, cuja base da construção das celas (compartimentos internos) são as ceras. O cerúmen produzido pelos nossos ouvidos, que tem função protetora contra a entrada de corpos estranhos, também pertence ao grupo dos cerídeos.

Lipídios complexos (compostos)

São formados pela associação de ácidos graxos, álcool e um outro composto de natureza química diferente. Assim, enquanto nas moléculas dos lipídios simples só existem átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, nos lipídios complexos, além desses três elementos químicos, encontramos outros, como o nitrogênio ou o fósforo. Um bom exemplo de lipídios complexos são os fosfolipídios (também chamados de fosfatídeos), que resultam da associação de ácidos graxos, álcool e radicais fosfatos (PO_4^{3-}). Os fosfolipídios são encontrados na estrutura da membrana plasmática das células.

Esterídeos (esteroides)

Têm uma estrutura bastante diferente dos lipídios simples e complexos, uma vez que apresentam em suas moléculas o núcleo ciclopentanoperidrofenantreno.

12 17 11 13 16 1 14 2 10 9 15 8 3 7 5 4 6

Ciclopentanoperidrofenantreno *– Os esteroides contêm uma cadeia lateral de 8 a 10 carbonos na posição 17 e um grupo hidroxila na posição 3.*

No grupo dos esteroides, encontramos o colesterol e seus derivados.

HO

Colesterol *– O colesterol entra na constituição da membrana celular das células animais; é também usado como matéria-prima para a produção de vários derivados, como a testosterona (hormônio sexual masculino), o estrógeno e a progesterona (hormônios sexuais femininos), e os corticoides (hormônios produzidos pelo córtex das glândulas suprarrenais).*

O colesterol é uma substância útil ao organismo, sendo, inclusive, produzido pelo nosso fígado (colesterol endógeno) e utilizado na produção dos sais biliares. Entretanto, quando presente em altas taxas, pode trazer más consequências. Uma delas é a sua deposição nas paredes dos vasos sanguíneos, que, então, tornam-se mais estreitos, dificultando a passagem do sangue, provocando a hipertensão (pressão alta) e, consequentemente, o aumento da probabilidade de ocorrência de doenças cardiovasculares, como a trombose e o enfarte.

No sangue, o colesterol associa-se a outros lipídios e proteínas, formando glóbulos ou corpúsculos de lipoproteínas conhecidos por **HDL** (*High-Density Lipoproteins*) e **LDL** (*Low-Density Lipoproteins*). Tais corpúsculos têm diferentes tamanhos e densidades. HDL (lipoproteínas de alta densidade) tem cerca de 20% de colesterol, enquanto LDL (lipoproteínas de baixa densidade) tem cerca de 45% de colesterol. Além de ter um menor percentual de colesterol em sua constituição, o HDL ajuda a transportar outros tipos de lipídios para o fígado, onde tais compostos são metabolizados, diminuindo, assim, a taxa de lipídios na corrente sanguínea, inclusive a do LDL. Por isso, costuma-se também chamar o HDL de "bom colesterol", enquanto o LDL é conhecido como o "mau colesterol". Assim, uma alta concentração de HDL e uma baixa concentração de LDL significam menores riscos de doenças cardiovasculares, enquanto uma alta concentração de LDL e uma baixa de HDL constituem riscos maiores de ocorrência dessas doenças.

Os níveis mais ou menos elevados de colesterol no sangue dependem de vários fatores e não apenas da alimentação com maior ou menor taxa desse lipídio. Fatores metabólicos individuais e mesmo genéticos também interferem na taxa dessa substância no organismo. A alta taxa de colesterol, associada ao sedentarismo, ao estresse e ao tabagismo, aumenta ainda mais a probabilidade de ocorrência de doenças cardiovasculares. Exames clínicos periódicos são muito importantes para as pessoas, principalmente para aquelas que têm maior tendência a possuir taxas mais elevadas de colesterol e triglicérides no sangue. Indivíduos que apresentam taxas de colesterol e triglicérides acima do considerado normal devem procurar fazer uso de uma dieta pobre em lipídios e praticar exercícios físicos regulares, com a devida orientação médica, para ajudar a diminuir a taxa dessas substâncias na corrente sanguínea e, consequentemente, diminuir os riscos de doenças cardiovasculares.

Carotenoides

São lipídios pigmentados (coloridos), vermelhos ou amarelos, de consistência oleosa. Estão presentes nas células vegetais, onde têm papel importante no processo da fotossíntese. São também importantes para muitos animais. Um bom exemplo é o caroteno, carotenoide amarelo-alaranjado abundante na cenoura, que, quando ingerido por animais, converte-se em vitamina A na mucosa intestinal e no fígado. A vitamina A tem várias funções biológicas. Uma delas é participar da formação da rodopsina, um pigmento que aumenta a sensibilidade da retina à luz, permitindo uma melhor visão em ambientes pouco iluminados.

CARBOIDRATOS

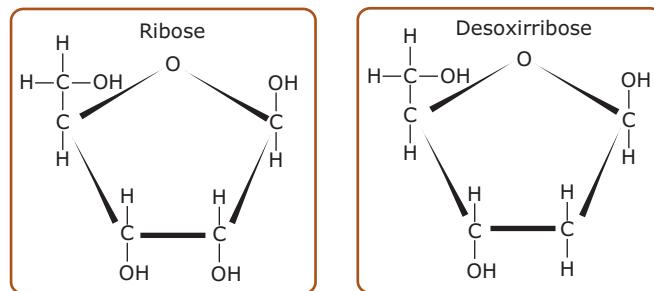
Carboidratos são compostos orgânicos também conhecidos por hidratos de carbono, glúcides, glucídios, glícides, glicídios ou açúcares.

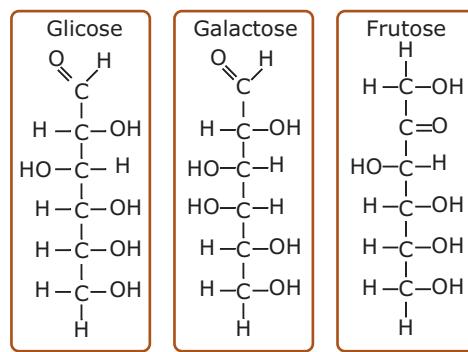
As moléculas desses compostos orgânicos, normalmente, possuem átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio. Em alguns deles, encontra-se também o nitrogênio.

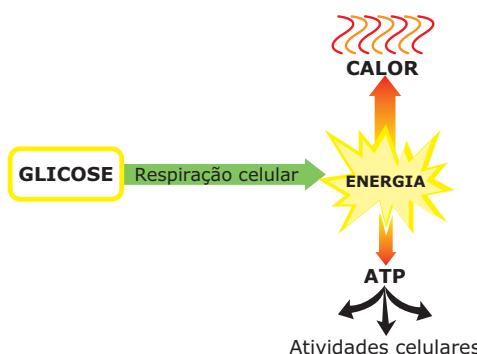
De acordo com a complexidade de suas moléculas, os carboidratos podem ser classificados em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos.

Monossacarídeos (Monossacárides)

São os carboidratos mais simples. Suas moléculas não precisam sofrer hidrólise para serem absorvidas pelas células. Nelas há um pequeno número de átomos de carbono. Com algumas exceções, obedecem à seguinte fórmula geral:

$C_nH_{2n}O_n = C_n(H_2O)_n$, em que **n** pode variar de 3 a 7.

Conforme o número de átomos de carbono presente nas moléculas, os monossacarídeos podem ser subdivididos em trioses, tetroses, pentoses, hexoses e heptoses. Veja a tabela a seguir:

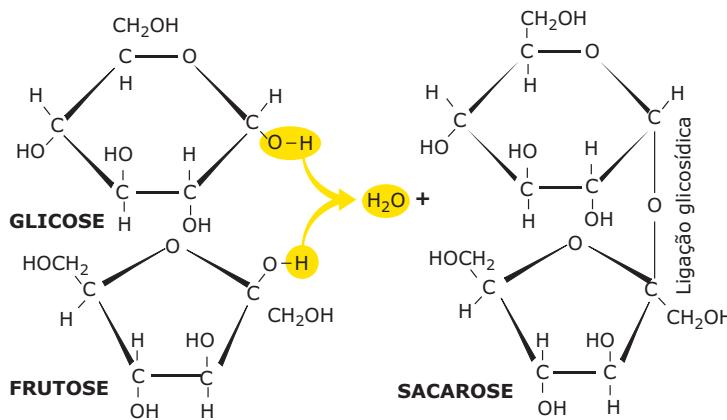
Monossacarídeos	Fórmula geral
Trioses	$C_3H_6O_3$
Tetroses	$C_4H_8O_4$
Pentoses	$C_5H_{10}O_5$
Hexoses	$C_6H_{12}O_6$
Heptoses	$C_7H_{14}O_7$

Entre os monossacarídeos de maior importância para os seres vivos, estão as pentoses e as hexoses. As pentoses porque entram na constituição dos ácidos nucleicos (RNA e DNA) e do ATP; e as hexoses porque exercem um importante papel energético.

Entre as pentoses, destacam-se a ribose ($C_5H_{10}O_5$) e a desoxirribose ($C_5H_{10}O_4$).

Desoxirribose

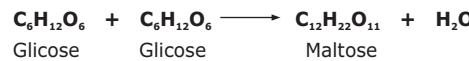
Pentoses *– A ribose entra na constituição do RNA (ácido ribonucleico) e do ATP (adenosina trifosfato) e a desoxirribose, na constituição do DNA (ácido desoxirribonucleico).*

Entre as hexoses, destacam-se a glicose, a frutose e a galactose. Todas elas têm importante função energética.

Glicose | Galactose | Frutose

Hexoses *– Observe que as três têm a mesma fórmula molecular ($C_6H_{12}O_6$), diferindo entre si pela fórmula estrutural.*

As hexoses, especialmente a glicose, são utilizadas para a obtenção de energia por meio das reações químicas da respiração celular.

Obtenção de energia a partir da glicose *– Ao serem degradadas ("quebradas") durante as reações da respiração celular, liberam energia. Parte dessa energia irradia-se para o meio sob a forma de calor e parte é transferida para as moléculas de ATP, nas quais fica armazenada até ser utilizada numa atividade celular.*

Oligossacarídeos (Oligossacárides)

São carboidratos resultantes da união de poucos (2 a 10) monossacarídeos iguais ou diferentes. Conforme o número de monossacarídeos que se ligam, podem ser classificados em dissacarídeos (união de dois monossacarídeos), trissacarídeos (união de três monossacarídeos) e assim por diante. A união entre moléculas de monossacarídeos se faz por meio de uma ligação covalente denominada ligação glicosídica. Para formar esse tipo de ligação, um dos monossacarídeos perde um de seus hidrogênios (–H) e o outro perde uma hidroxila (–OH); os monossacarídeos se unem e o hidrogênio mais a hidroxila que foram liberados se juntam para formar uma molécula de água. Veja o exemplo a seguir:

Formação do dissacarídeo sacarose a partir da união dos monossacarídeos glicose e frutose *– À semelhança do que ocorre na formação de uma ligação peptídica, sempre que se estabelece uma ligação glicosídica, forma-se também uma molécula de água. Trata-se, portanto, de mais um exemplo de síntese por desidratação.*

Entre os oligossacarídeos, destacam-se os dissacarídeos maltose, sacarose e lactose.

A maltose resulta da união de duas unidades de glicose. É encontrada em alguns vegetais (cevada, por exemplo) e também provém da digestão ("quebra") do amido que ocorre no tubo digestório de muitos animais.

$$\underset{\text{Glicose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Glicose}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{Maltose}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O$$

A maltose tem importante papel energético, uma vez que sua hidrólise no tubo digestório dos animais fornece moléculas de glicose, que, então, são absorvidas e utilizadas como fonte de energia.

$$\textbf{Maltose} + \textbf{Água} \xrightarrow{\text{maltase}} \textbf{Glicose} + \textbf{Glicose}$$

A sacarose, dissacarídeo que resulta da união de uma molécula de glicose com uma de frutose, tem papel energético e é abundante em muitos vegetais (cana-de-açúcar, beterraba, etc.). Sua hidrólise no tubo digestório dos animais, em presença da enzima sucrase (invertase, sacarase), fornece as hexoses glicose e frutose, que são absorvidas e utilizadas como fonte de energia. Veja os esquemas a seguir:

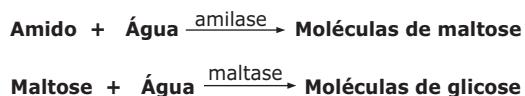
$$\underset{\text{Glicose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Frutose}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{Sacarose}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + \underset{\text{Água}}{H_2O}$$

$$\textbf{Sacarose} + \textbf{Água} \xrightarrow{\text{sucrase}} \textbf{Glicose} + \textbf{Frutose}$$

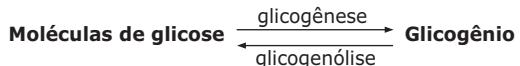
A lactose, encontrada no leite e derivados, é um dissacarídeo, resultante da união da glicose com a galactose, e tem papel energético. Sua hidrólise fornece as hexoses glicose e galactose.

$$\underset{\text{Glicose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Galactose}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{Lactose}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + \underset{\text{Água}}{H_2O}$$

$$\textbf{Lactose} + \textbf{Água} \xrightarrow{\text{lactase}} \textbf{Glicose} + \textbf{Galactose}$$

Polissacarídeos (Polissacárides)

São os carboidratos mais complexos. Suas macromoléculas resultam da união de muitas unidades de monossacarídeos (às vezes, milhares delas). São, portanto, polímeros de monossacarídeos. Dividem-se em homopolissacarídeos e heteropolissacarídeos.

Os homopolissacarídeos resultam da polimerização de apenas uma espécie de monossacarídeos. Os principais exemplos são amido, glicogênio, celulose e quitina.

A macromolécula de amido (amilo) é um polímero formado por unidades de glicose, sendo encontrada apenas nos vegetais, nos quais fica armazenada, principalmente, em certos tipos de caule (como a batatinha), raízes (mandioca, por exemplo) e sementes (milho, trigo, feijão, etc.). Nos vegetais, o amido tem a função de ser uma importante reserva energética, uma vez que é a forma como os vegetais armazenam em suas células a glicose que não está sendo consumida. Sabe-se que, por meio da reação de fotossíntese, os vegetais clorofilados fabricam a glicose que será utilizada como alimento nos processos de obtenção de energia, isto é, na respiração celular, e também como matéria-prima para a produção de outros compostos orgânicos.

Entretanto, quando a produção de glicose é maior que o seu consumo, o excesso da produção é armazenado sob forma de amido. Em caso de necessidade, o vegetal lança mão dessas reservas. Por isso, diz-se que o amido é o material de reserva vegetal.

Além de ser uma reserva energética dos vegetais, o amido é também um importante alimento energético para os animais, uma vez que a maioria deles produz as enzimas necessárias para degradar a macromolécula de amido, transformando-a em várias moléculas menores de glicose, que, então, são absorvidas e usadas como fonte de energia. Essa digestão do amido é feita em duas etapas, conforme mostra o esquema a seguir:

Amido + Água $\xrightarrow{\text{amilase}}$ **Moléculas de maltose**

Maltose + Água $\xrightarrow{\text{maltase}}$ **Moléculas de glicose**

A macromolécula de glicogênio resulta da união de unidades de glicose. Esse polissacarídeo é encontrado em animais e em fungos e tem função de reserva energética, uma vez que é a forma como os animais e também os fungos armazenam glicose em suas células. Diz-se, portanto, que o glicogênio é o material de reserva dos animais (e também dos fungos). Em nosso organismo, por exemplo, o glicogênio é encontrado nas células do fígado e nas células musculares.

O processo de formação do glicogênio tem o nome de glicogênese. Quando se faz necessário, o glicogênio é "quebrado" e convertido em moléculas de glicose. Esse desdobramento do glicogênio em glicose denomina-se glicogenólise.

Moléculas de glicose $\underset{\text{glicogenólise}}{\overset{\text{glicogênese}}{\rightleftharpoons}}$ **Glicogênio**

A celulose é o carboidrato mais abundante na natureza. Sua macromolécula resulta da associação de unidades de glicose. Sua função é tipicamente estrutural, uma vez que é o principal componente da parede celular (revestimento mais externo) das células vegetais.

São raros os organismos que produzem as enzimas necessárias para a digestão da celulose. Os ruminantes (boi, cabra, veado, girafa, etc.), por exemplo, são animais essencialmente herbívoros que se alimentam de folhagens ricas em celulose. Assim como ocorre no nosso organismo, os ruminantes não produzem as enzimas necessárias para a digestão da celulose. Entretanto, no estômago desses animais, vivem e proliferam certas espécies de micro-organismos (bactérias, protozoários) que são capazes de produzir e de liberar as enzimas celulase e celobiase, permitindo, assim, que, no tubo digestório desses animais, haja o desdobramento da celulose em moléculas de glicose, que, então, são absorvidas e utilizadas como fonte de energia. Para esses animais, a celulose é um importante alimento energético. A digestão completa da celulose, à semelhança do que acontece com a digestão do amido, é feita em duas etapas. Veja o esquema a seguir:

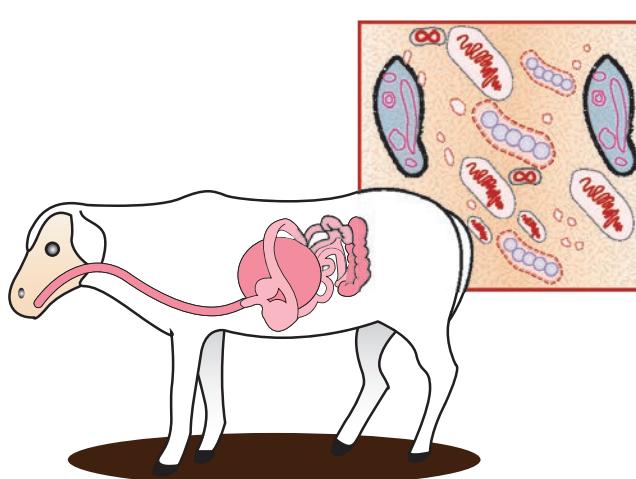
Celulose + H_2O $\xrightarrow{\text{celulase}}$ **Celobiose + H_2O** $\xrightarrow{\text{celobiase}}$ **Glicose**

O homem, ao contrário dos animais herbívoros, não possui, em seu tubo digestório, os micro-organismos produtores das enzimas celulase e celobiase. Dessa forma, nós não conseguimos aproveitar a celulose como fonte de energia. Entretanto, a celulose que ingerimos não é totalmente inútil para o nosso organismo, uma vez que ela, juntamente com outras substâncias, forma a parte vegetal dos alimentos conhecida como fibras. Essas fibras vegetais dão consistência às fezes, estimulando os movimentos peristálticos do intestino e facilitando a defecação.

A quitina é um polissacarídeo nitrogenado, duro, resistente e insolúvel em água. É um polímero de N-acetilglicosamina. Tem função estrutural, sendo encontrado no exoesqueleto dos artrópodes e na parede celular dos fungos.

Os heteropolissacarídeos resultam da associação de diferentes tipos de monossacarídeos. Ácido hialurônico, condroitinsulfato A e heparina são alguns exemplos.

O ácido hialurônico e o condroitinsulfato são encontrados na matriz (substância intercelular) dos tecidos conjuntivos. A heparina tem propriedades anticoagulantes, sendo produzida pelos mastócitos (tipo de célula do tecido conjuntivo propriamente dito) e pelos basófilos (um tipo de leucócito).

LEITURA COMPLEMENTAR

Gorduras trans

As gorduras trans são formadas pelo processo de hidrogenação (adição de hidrogênios) dos óleos vegetais. Esse processo pode ser industrial ou natural.

No processo industrial, os óleos vegetais (líquidos) são aquecidos na presença do gás hidrogênio, tornando-se sólidos à temperatura ambiente. Além de melhorar a consistência e o sabor de alimentos, essas gorduras conferem maior durabilidade aos mesmos, permitindo que alguns produtos possam permanecer por mais tempo expostos nas prateleiras dos supermercados. Biscoitos, bolos, salgadinhos de pacote, batatas fritas, sorvetes, margarina estão entre os alimentos industrializados que mais contêm gorduras trans. Estudos científicos comprovaram que essas gorduras são extremamente prejudiciais à nossa saúde, pois contribuem para elevar a taxa do colesterol ruim (LDL) e diminuir a taxa do colesterol bom (HDL), aumentando a probabilidade da ocorrência de doenças cardiovasculares. Por causa desses efeitos nocivos, recomenda-se consumir o mínimo possível desse tipo de gordura, não ultrapassando a quantidade de 2 g por dia. A leitura do rótulo dos alimentos permite verificar quais são ou não ricos em gordura trans.

Um processo de hidrogenação natural formando pequena quantidade de gordura trans ocorre no rúmem de animais. Por isso, essas gorduras também estão presentes em pequenas quantidades em alguns alimentos *in natura* derivados desses animais, como a carne e o leite.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC Minas) Os lipídeos compreendem um grupo quimicamente variado de moléculas orgânicas tipicamente hidrofóbicas. Diferentes lipídeos podem cumprir funções específicas em animais e em vegetais. Assinale a alternativa **INCORRETA**.

A) Os carotenoides são pigmentos acessórios capazes de captar energia solar.

B) Os esteroides podem desempenhar papéis regulatórios, como os hormônios sexuais.

C) Os triglicerídeos podem atuar como isolantes térmicos ou reserva energética em animais.

D) O colesterol é uma das principais fontes de energia para o fígado.

02. (VUNESP-SP) Com o título “Boca livre”, a revista *Veja*, edição 1 298, ano 26, nº 30, de 28 de julho de 1993, página 55, publicou um artigo sobre uma nova droga ainda em testes, o Orlistat, desenvolvida pelo laboratório Hoffmann-La Roche. A reportagem diz que essa droga “[...] bloqueia (uma fatia dessas) enzimas, impedindo que elas desdobrem as enormes moléculas de gordura em fragmentos menores. Assim, a gordura não tem como atravessar as paredes do intestino e não chega à corrente sanguínea”. As enzimas que o Orlistat bloqueia correspondem às

A) proteases.

B) lipases.

C) amilases

D) lactases.

E) peptidases.

03. (UFRN) Na maioria dos animais e dos vegetais, a armazenagem de carboidratos faz-se,

A) respectivamente, na forma de glicogênio e de amido.

B) respectivamente, na forma de amido e de celulose.

C) respectivamente, na forma de maltose e de glicose.

D) exclusivamente, na forma de amido.

E) exclusivamente, na forma de glicogênio.

04. (PUC Minas) Glicogênio, amido e celulose apresentam em comum

A) função de reserva.

B) função enzimática.

C) constituição glicosídica.

D) constituição polipeptídica.

E) função de isolante térmico.

05. (FCMMG) Os carneiros, que são ruminantes, abrigam em seus tubos digestórios enormes quantidades de micro-organismos que estão diretamente relacionados à produção de

A) amido.

B) amilase.

C) celulase.

D) celulose.

E) glicogênio.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) Observe o quadro:

Tipos de leite	Calorias	Proteínas (g)	Lipídios (g)	Carboidratos (g)
Leite humano	45	1,1	1,0	8,1
Leite de vaca fresco	63	3,1	3,5	5,0
Leite em pó reconstituído	70	3,7	3,8	5,3
Leite de jumenta	43	1,7	1,2	6,5
Leite de cabra	92	3,9	6,2	5,4

Com base nesse quadro, é **INCORRETO** afirmar que

A) o leite de jumenta é o mais parecido com o leite humano.

B) o leite de cabra tem cerca de 3,5 vezes mais proteínas do que o humano.

C) o leite em pó é o que mais se assemelha ao leite de vaca.

D) o leite de vaca é o mais gorduroso.

E) os leites de vaca e de cabra são mais energéticos do que o leite humano.

02. (UFU-MG) O colesterol é um esteroide, que constitui um dos principais grupos de lipídios. Com relação a esse tipo particular de lipídio, é **CORRETO** afirmar que

A) o excesso de colesterol, na espécie humana, aumenta a eficiência da passagem do sangue no interior dos vasos sanguíneos, acarretando a arteriosclerose.

B) o colesterol participa da composição química das membranas das células animais e é precursor dos hormônios sexuais masculino (testosterona) e feminino (estrógeno).

C) o colesterol é encontrado em alimentos tanto de origem animal como vegetal (ex.: manteigas, margarinas, óleo de soja, milho, etc.), uma vez que é derivado do metabolismo dos glicerídeos.

D) nas células vegetais o excesso de colesterol diminui a eficiência dos processos de transpiração celular e de fotossíntese.

03. (PUC Minas) Se você misturar um pouco de iodo ao miolo de pão, o mesmo se tornará arroxeado devido à presença de um polissacarídeo. Amostras de alguns alimentos, triturados e dissolvidos em água, foram testadas com tintura de iodo. Entre esses alimentos, aquele para o qual **NÃO** se espera a ocorrência de coloração arroxeada é a(o)

A) rapadura.
B) mandioca.
C) arroz.
D) angu.

04. (UFBA) Os óleos comestíveis são considerados

A) ácidos graxos.
B) fosfolipídios.
C) cerídeos.
D) glicerídeos.
E) glucídios.

05. (UFMG) A adição de lugol (solução de iodo) a alguns alimentos resulta no aparecimento de forte cor azulada. Esse resultado será observado nos alimentos, **EXCETO** em

A) arroz.
B) cebola.
C) feijão.
D) mandioca.
E) milho.

06. (PUC Minas) **NÃO** apresenta ligação glicosídica em sua formação:

A) amido
B) celulose
C) glicogênio
D) queratina
E) quitina

07. (FCMSC-SP) A respeito de hexoses e de pentoses, podemos afirmar:

A) ambas fazem parte das moléculas dos ácidos nucleicos.

B) ambas são carboidratos.

C) ambas são polissacarídeos.

D) ambas fazem parte do componente esquelético da parede celular das células vegetais.

E) nenhuma das alternativas citadas.

08. (UFMG) Esta tabela mostra o teor de proteínas, carboidratos e lípides em alguns alimentos, expresso em gramas por 100 g de peso seco.

Alimento	Proteínas	Carboidratos	Lípides
Carne seca	48,0	0	11,0
Farinha de mandioca	1,3	80,8	0,5
Arroz	8,0	76,5	1,4
Toucinho	9,7	0	64,0

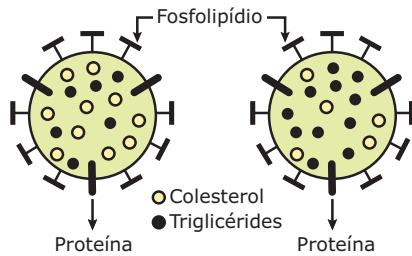
Com base nos dados da tabela, assinale a alternativa que contém a dieta mais adequada para um jogador de futebol antes de uma competição.

A) Arroz com farinha de mandioca.

B) Arroz com toucinho.

C) Carne seca com farinha de mandioca.

D) Carne seca com toucinho.

09. (UEM-PR–2009) Assinale o que for correto.

01. Amido e glicogênio são polissacarídeos que atuam como substâncias de reserva de energia.

02. Amido e glicogênio são polissacarídeos que, por hidrólise, produzem glicose.

04. Amido e glicogênio são encontrados principalmente em raízes e em caules de plantas.

08. Os glicídios com fórmulas moleculares $C_7H_{12}O_6$, $C_3H_6O_3$ e $C_6H_{12}O_6$ são, respectivamente, um monossacarídeo, um monossacarídeo e um dissacarídeo.

16. A água, presente em 75% dos corpos dos seres vivos, tem, em seu alto calor específico, uma das principais propriedades que proporciona variações bruscas de temperatura no interior das células.

Dê como resposta a soma dos números das afirmativas **CORRETAS**.

Soma (   )

10. (UFF-RJ) O colesterol é um importante constituinte das membranas celulares, estando relacionado à síntese dos hormônios esteroides e sais biliares. No plasma, ele é encontrado ligado a corpúsculos lipoproteicos, conforme mostra a figura:

Considere a afirmativa:

"Há uma relação direta entre as taxas de colesterol no sangue e a incidência de ateromas, tromboses e infartos".

Marque a alternativa que apresenta a conclusão **CORRETA** acerca dessa afirmativa.

A) Concentrações de HDL e LDL não possuem importância na avaliação da predisposição para o infarto.

B) Alta concentração de HDL e baixa de LDL significam pequeno risco de infarto.

C) Alta concentração de LDL e baixa de HDL significam menor risco de infarto.

D) O aumento das taxas de colesterol depende somente da alimentação e não é influenciado por fatores genéticos, estresse, fumo e diminuição da atividade física.

E) A afirmativa é incorreta, pois não há provas significativas que correlacionem os níveis de colesterol com a incidência de trombose e de infartos.

11. (PUC Rio–2010) Atletas devem ter uma alimentação rica em proteínas e carboidratos. Assim, devem consumir preferencialmente os seguintes tipos de alimentos, respectivamente:

A) verduras e legumes pobres em amido.

B) óleos e vegetais e verduras.

C) massas e derivados do leite.

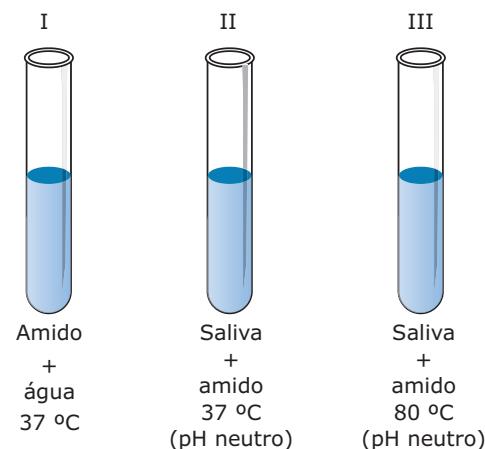
D) farináceos e carnes magras.

E) carnes magras e massas.

12. (Unicamp-SP) Os lipídios têm papel importante na estocagem de energia, estrutura de membranas celulares, visão, controle hormonal, entre outros. São exemplos de lipídios: fosfolipídios, esteroides e carotenoides.

A) Como o organismo humano obtém os carotenoides? Que relação têm com a visão?

B) A quais das funções citadas no texto anterior os esteroides estão relacionados? **CITE** um esteroide importante para uma dessas funções.

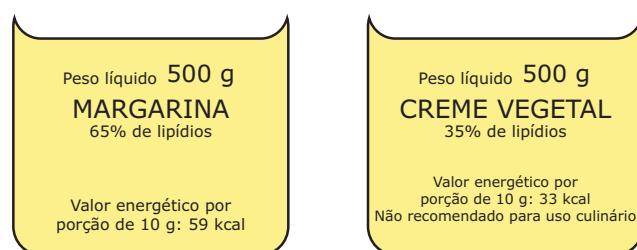
C) **CITE** um local de estocagem de lipídios em animais e em vegetais.

13. (UFC) Os esteroides são lipídios bem diferentes dos glicerídeos e das ceras, apresentando uma estrutura composta por quatro anéis de átomos de carbono interligados. O colesterol é um dos esteroides mais conhecidos, devido à sua associação com as doenças cardiovasculares. No entanto, esse composto é muito importante para o homem, uma vez que desempenha uma série de funções. **CITE**

A) duas principais funções do colesterol.

B) duas origens do colesterol sanguíneo.

14. (VUNESP-SP) Os açúcares complexos, resultantes da união de muitos monossacarídeos, são denominados polissacarídeos.

A) **CITE** dois polissacarídeos de reserva energética, sendo um de origem animal e outro de origem vegetal.

B) **INDIQUE** um órgão animal e um órgão vegetal em que cada um desses açúcares pode ser encontrado.

15. (PUC-SP) No esquema a seguir, estão representados três tubos de ensaio com seus componentes.

Considerando-se que o amido, em presença de lugol, torna-se azul-violeta, que resultados serão esperados, se adicionarmos a cada tubo algumas gotas de solução de lugol? Por quê?

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2004) As "margarinas" e os chamados "cremes vegetais" são produtos diferentes, comercializados em embalagens quase idênticas. O consumidor, para diferenciar um produto do outro, deve ler com atenção os dizeres do rótulo, geralmente em letras muito pequenas. As figuras que se seguem representam rótulos desses dois produtos.

Uma função dos lipídios no preparo das massas alimentícias é torná-las mais macias. Uma pessoa que, por desatenção, use 200 g de creme vegetal para preparar uma massa cuja receita pede 200 g de margarina, não obterá consistência desejada, pois estará utilizando uma quantidade de lipídios que é, em relação à recomendada, aproximadamente

A) o triplo.

B) o dobro.

C) a metade.

D) um terço.

E) um quarto.

BIOLOGIA

02. (Enem–2008) Defende-se que a inclusão da carne bovina na dieta é importante, por ser uma excelente fonte de proteínas. Por outro lado, pesquisas apontam efeitos prejudiciais que a carne bovina traz à saúde, como o risco de doenças cardiovasculares. Devido aos teores de colesterol e de gordura, há quem decida substituí-la por outros tipos de carne, como a de frango e a suína.

O quadro a seguir apresenta a quantidade de colesterol em diversos tipos de carne crua e cozida.

Alimento	Colesterol (mg/100g)	
	Cru	Cozido
Carne de frango (branca) sem pele	58	75
Carne de frango (escura) sem pele	80	124
Pele de frango	104	139
Carne suína (bisteca)	49	97
Carne suína (toucinho)	54	56
Carne bovina (contrafilé)	51	66
Carne bovina (músculo)	52	67

Revista *Pro teste*, n. 54, dez. 2006.

Com base nessas informações, avalie as afirmativas a seguir.

I. O risco de ocorrerem doenças cardiovasculares por ingestões habituais da mesma quantidade de carne é menor se esta for carne branca de frango do que se for toucinho.

II. Uma porção de contrafilé cru possui, aproximadamente, 50% de sua massa constituída de colesterol.

III. A retirada da pele de uma porção cozida de carne escura de frango altera a quantidade de colesterol a ser ingerida.

IV. A pequena diferença entre os teores de colesterol encontrados no toucinho cru e no cozido indica que esse tipo de alimento é pobre em água.

É correto apenas o que se afirma em

A) I e II.
B) I e III.
C) II e III.
D) II e IV.
E) III e IV.

GABARITO

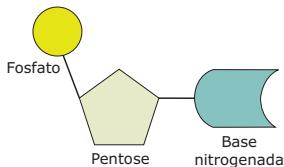
Fixação

01. D
02. B
03. A
04. C
05. C

Propostos

01. D
02. B
03. A
04. D
05. B
06. D
07. B
08. A
09. Soma = 03
10. B
11. E
12. A) O organismo humano obtém os carotenoides através da alimentacão. Cenoura, mamão e abóbora são exemplos de alimentos ricos em carotenoides. Em nosso organismo, os carotenoides são convertidos em vitamina A, necessária para a formação de pigmentos visuais da retina, que permitem uma boa visão.
    B) Controle hormonal. Testosterona, estrógenos e progesterona são exemplos.
    C) Em animais: tecido adiposo subcutâneo; e em vegetais: sementes.
13. A) O colesterol participa da formação da membrana plasmática das células e atua como precursor dos hormônios sexuais.
    B) O colesterol pode ter origem exógena, quando ingerido com alimentos como o ovo e o leite, e endógena, quando fabricado pelo fígado.
14. A) De origem animal, há o glicogênio, de origem vegetal, o amido.
    B) Órgão animal: fígado, músculos esqueléticos; órgão vegetal: raiz (ex.: mandioca), caule (ex.: batata-inglesa), semente (ex.: milho).
15. Tubo I: teste + (aparecimento da cor azul-violeta) devido à ação do lugol sobre o amido.
    Tubo II: teste – (não aparecimento da cor azul-violeta), uma vez que, nesse tubo, a amilase, presente na saliva, promove rapidamente o desdobramento do amido em maltose.
    Tubo III: teste +, porque a temperatura de 80 ºC causa a desnaturação da amilase salivar e, assim, o amido não é desdobrado em maltose.

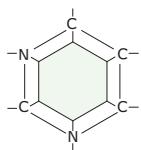
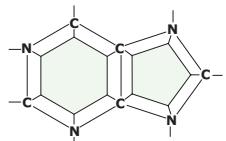
Seção Enem

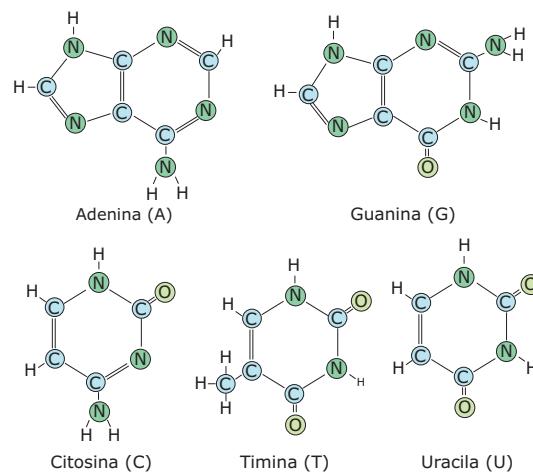
01. C
02. E

BIOLOGIA

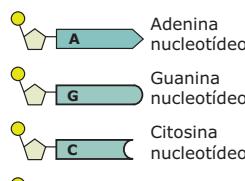
MÓDULO 04 FRENTE A

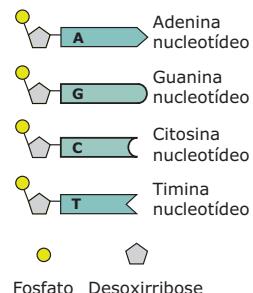
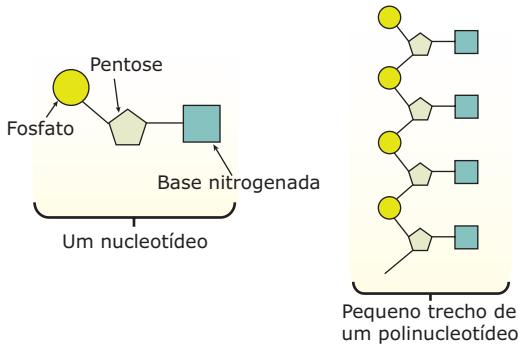
Composição química dos seres vivos: nucleotídeos, ácidos nucleicos e ATP

NUCLEOTÍDEOS

Os nucleotídeos (nucleotídios) são compostos resultantes da associação de uma pentose com um fosfato e com uma base nitrogenada. Veja a representação a seguir:

***Nucleotídeo** – A união apenas da pentose com a base nitrogenada forma um composto chamado genericamente de nucleosídeo. Assim, pode-se dizer que o nucleotídeo é o nucleosídeo unido ao fosfato.*

Nos nucleotídeos, o fosfato é derivado do ácido fosfórico (H_3PO_4); a pentose pode ser a ribose ou a desoxirribose; a base nitrogenada é uma base púrica (purina) ou uma base pirimídica (pirimidina).

Os nucleotídeos que têm a pentose ribose podem ser chamados genericamente de ribonucleotídeos, enquanto os que têm a desoxirribose podem ser chamados de desoxirribonucleotídeos.

As bases nitrogenadas que fazem parte dos nucleotídeos são formadas por moléculas que possuem estrutura de anel (estrutura cíclica) formado por átomos de carbono e nitrogênio. Quando o anel é simples (único), as bases são denominadas pirimídicas ou pirimidinas; quando têm duplo anel, são denominadas púricas ou purinas.

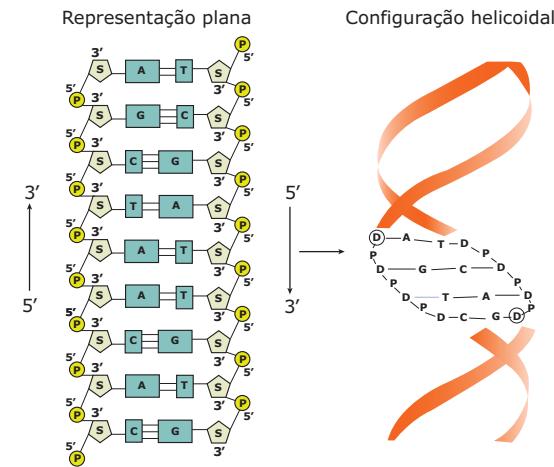
***Esqueleto molecular de uma pirimidina** – As bases pirimídicas estão representadas pela citosina, timina e uracila (uracil).*

***Esqueleto molecular de uma purina** – As bases púricas estão representadas pela adenina e pela guanina.*

***Bases nitrogenadas** – Observe que a adenina (A) e a guanina (G) são bases que têm um duplo anel de carbono e nitrogênio, enquanto a citosina (C), a timina (T) e a uracila (U) têm um anel simples.*

No nucleotídeo, a base nitrogenada fica ligada diretamente à pentose (ribose ou desoxirribose). A ribose é capaz de formar ligação química com as bases adenina, guanina, citosina e uracil. A desoxirribose, por sua vez, é capaz de estabelecer ligação com adenina, guanina, citosina e timina. Em condições normais, a ribose não forma ligação com a timina, assim como a desoxirribose não se liga ao uracil. Dessa forma , há oito tipos diferentes de nucleotídeos: quatro tipos diferentes de ribonucleotídeos e quatro tipos diferentes de desoxirribonucleotídeos.

***Tipos de nucleotídeos** – A denominação dos nucleotídeos pode ser feita de acordo com a base nitrogenada que possuem. Assim, tem-se: adenina-nucleotídeo, guanina-nucleotídeo, timina-nucleotídeo, etc.*

Os nucleotídeos são capazes de se ligar uns aos outros, originando moléculas maiores que, dependendo do número de nucleotídeos que se ligam, podem ser chamadas de dinucleotídeos, trinucleotídeos, etc. Quando muitos nucleotídeos se ligam, forma-se um polinucleotídeo. Os polinucleotídeos são polímeros cujos monômeros são os nucleotídeos.

Formação de um polinucleotídeo *– Observe que a ligação fosfodiéster, isto é, entre nucleotídeos, se faz por meio da pentose de um nucleotídeo com o fosfato do outro.*

ÁCIDOS NUCLEICOS

Os ácidos nucleicos são substâncias formadas por macromoléculas resultantes da união de vários nucleotídeos. São, portanto, exemplos de polinucleotídeos.

Foram descobertos no núcleo das células, fator que auxiliou em sua denominação. Durante algum tempo, pensou-se que tais substâncias eram exclusivas do núcleo celular. Posteriormente, descobriu-se que essas substâncias também são encontradas no citoplasma, ou seja, não são exclusivas do núcleo. Entretanto, a denominação ácidos nucleicos permaneceu, uma vez que já havia sido consagrada pelo uso.

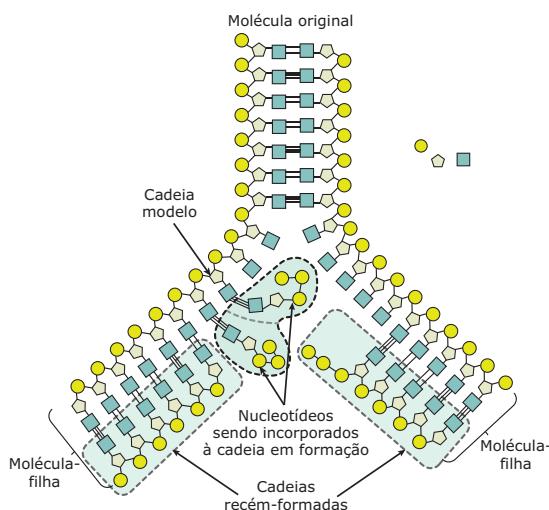
Existem dois tipos de ácidos nucleicos: DNA e RNA.

DNA ou ADN (Ácido desoxirribonucleico)

Normalmente, suas moléculas são formadas por duas fitas ou cadeias de desoxirribonucleotídeos, unidas uma à outra por meio de ligações de hidrogênio. Essas ligações de hidrogênio ("pontes de hidrogênio") são feitas entre as bases púricas de uma cadeia e as bases pirimídicas de outra cadeia, obedecendo sempre ao seguinte pareamento: adenina com timina (ou vice-versa) e guanina com citosina (ou vice-versa). Para unir uma adenina a uma timina, são necessárias duas ligações de hidrogênio, enquanto para ligar uma guanina a uma citosina são necessárias três ligações. Assim, na molécula de DNA, cada adenina de uma cadeia deve estar ligada a uma timina de outra cadeia, por meio de duas ligações de hidrogênio, e cada citosina de uma cadeia deve estar ligada a uma guanina da outra, por meio de três ligações de hidrogênio. Por isso se diz que as duas cadeias polinucleotídicas que compõem a molécula do DNA são complementares. Isso permite descobrir a sequência de bases de uma cadeia a partir do conhecimento da sequência de bases da outra. Por exemplo: se uma das cadeias do DNA tem a sequência de bases ATTCAGAAC, na outra cadeia, a sequência terá de ser TAAGTCTTG.

Representação esquemática de um trecho de uma molécula de DNA *– A molécula do DNA não é plana. As suas duas cadeias ou fitas polinucleotídicas enrolam-se uma sobre a outra, dando-lhe uma configuração helicoidal. Por isso, pode-se dizer que a estrutura da molécula do DNA é de dupla-hélice. Entretanto, por razões didáticas, muitas vezes é representada com uma configuração plana, conforme visto no esquema anterior.*

O modelo molecular do DNA foi proposto, em 1953, pelos bioquímicos Watson e Crick, que, para elaborá-lo, basearam-se em técnicas de difração de raios X. Segundo esses dois pesquisadores, a molécula do DNA pode ser comparada a uma escada retorcida de corda (escada caracol), em que as ligações 5'-3' de fosfodiéster entre os fosfatos e as pentoses (no caso, desoxirriboses) formam os "corrimões", enquanto os "degraus" são representados pelas ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas das duas cadeias polinucleotídicas.

As moléculas de DNA se diferenciam pelo número de nucleotídeos e pela sequência dos mesmos ao longo de suas cadeias. Entretanto, em qualquer molécula de DNA de fita dupla há as seguintes relações:

$A/T = 1 \qquad C/G = 1 \qquad A/T = C/G \qquad \frac{A + C}{T + G} = 1$

No DNA, a sequência dos nucleotídeos é fundamental para caracterizar a molécula e para determinar o seu papel na célula.

Desde 1944, sabe-se que o DNA está diretamente relacionado com a hereditariedade: trechos de suas moléculas que contêm informações genéticas codificadas constituem os gens ou genes. Assim, o DNA é fundamental no controle das atividades da célula, determinando suas características genéticas.

Uma propriedade importante que o DNA tem é a sua capacidade de sofrer autoduplicação (duplicação, replicação).

***Duplicação do DNA** – Na duplicação do DNA, uma molécula (que se pode chamar de "molécula-mãe") origina duas "moléculas-filhas" iguais entre si e iguais à "molécula-mãe". Essa duplicação é semiconservativa e exige a presença, no interior das células, de enzimas especiais (DNA-helicase, DNA-polimerase, DNA-ligase) e de desoxirribonucleotídeos livres, isto é, que não estejam ligados uns aos outros. A DNA-helicase catalisa a reação que desenrola a dupla-hélice do DNA; a DNA-polimerase catalisa a reação que adiciona novos nucleotídeos durante a síntese, e a DNA-ligase une esses nucleotídeos formando uma nova fita de polinucleotídica. Assim, cada fita de nucleotídeos proveniente da "molécula-mãe" serve de molde para a síntese de uma nova fita polinucleotídica. Essa síntese, resultante da adição de novos nucleotídeos, sempre ocorre no sentido 5'-3'.*

O DNA é encontrado nas mitocôndrias, nos cloroplastos e, principalmente, nos cromossomos. A duplicação do DNA cromossômico ocorre momentos antes de uma célula iniciar um processo de divisão (reprodução) celular, no chamado período S da intérfase. Desse modo, as "células-filhas" formadas por meio de uma mitose conterão as mesmas informações genéticas da "célula-mãe".

A duplicação do DNA mitocondrial e do DNA dos cloroplastos independe da duplicação do DNA cromossômico.

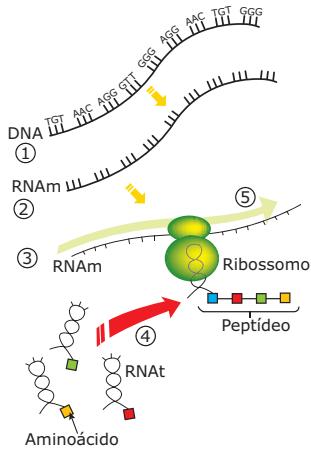
A presença de DNA em uma estrutura celular pode ser detectada por meio de uma técnica de coloração conhecida por reação de Feulgen. Essa reação consiste basicamente em mergulhar o material que se quer submeter à análise em uma solução aquecida de ácido clorídrico e, em seguida, ao reativo de Schiff. O reativo de Schiff é uma solução de fucsina básica descorada pelo anidro sulfuroso (SO_2). A fucsina básica, por sua vez, é um composto orgânico de caráter básico (pH elevado) muito utilizado na preparação de diferentes corantes utilizados no estudo das células.

A reação de Feulgen é dita positiva se aparecer a cor vermelha, significando que na estrutura analisada existe DNA. Essa reação é específica para o DNA, e a intensidade da cor vermelha que se forma é proporcional à concentração de DNA. Desse modo, pode-se fazer também um estudo quantitativo desse ácido. Como a reação de Feulgen só dá positiva para o DNA, este é dito Feulgen positivo, enquanto o RNA é Feulgen negativo.

A partir das duas últimas décadas do século passado, o DNA passou a ser utilizado em testes de identificação de pessoas, bem como em testes de comprovação ou não de paternidade. É o chamado teste de DNA.

RNA ou ARN (Ácido ribonucleico)

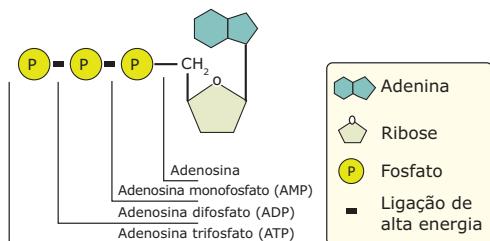
Suas moléculas, normalmente, são formadas por uma única cadeia ou fita de ribonucleotídeos. Normalmente, essa cadeia enrola-se sobre si mesma, adquirindo uma configuração helicoidal. Pode-se dizer, então, que o RNA tem uma estrutura de hélice simples.

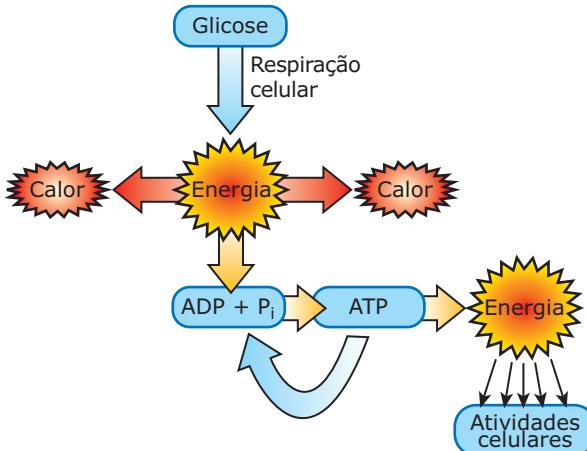
Existem três tipos básicos de RNA: RNAr, RNAm e RNAt. Todos participam do processo de síntese de proteínas no interior da célula.

- **RNAr (RNA ribossômico)** – É o tipo de RNA mais abundante na célula. Participa da constituição química dos ribossomos, vindo daí o seu nome.

  Os ribossomos ou ribossomas são estruturas celulares constituídas de proteínas e RNA que exercem importante papel no processo da síntese de proteínas, promovendo a ligação entre os diversos aminoácidos que irão compor a molécula proteica.

- **RNAm (RNA mensageiro)** – É o tipo de RNA que ocorre em menor quantidade dentro da célula. Participa da síntese de proteínas, trazendo do DNA para os ribossomos as informações codificadas a respeito de quais aminoácidos irão compor a molécula proteica e em que sequência deverão ser ligados.

- **RNAt (RNA transportador, RNA transferidor, RNA *transfer*)** – Seu papel na síntese de proteínas consiste em transportar aminoácidos que se encontram dispersos no interior da célula para o local da síntese, isto é, para o local onde se encontram os ribossomos ligados ao RNAm.

Tipos de RNA		
RNAm	**RNAt**	**RNAr**
Tem morfologia de um filamento simples. Por meio da sequência de seus códons (transcritos do DNA), determina a posição dos aminoácidos nas proteínas. Liga-se aos ribossomos.	Sua morfologia lembra uma "folha de trevo". Transporta o aminoácido que será utilizado na síntese da proteína, unindo seu anticódon ao respectivo códon do RNAm.	RNAm Ribossomo Juntamente com proteínas, forma os ribossomos, estruturas celulares nas quais se liga o RNAm. Os ribossomos promovem a formação das ligações peptídicas entre os aminoácidos que formarão a cadeia polipeptídica.

Os ácidos nucleicos, DNA e RNA, embora tenham muitas semelhanças quanto aos seus componentes químicos, desempenham papeis biológicos diferentes. O DNA é portador das mensagens genéticas. A função do RNA é transcrever a mensagem genética presente no DNA e traduzi-la em proteínas. Veja, a seguir, um esquema bem simplificado da síntese de proteínas que ocorre no interior das células.

***A síntese de proteínas* – *1.* Segmento de DNA em que há uma informação codificada, que diz respeito à estrutura primária de uma determinada proteína. *2.* A informação contida no segmento de DNA é transcrita para o RNAm. *3.* O RNAm com a informação transcrita do DNA vai ao encontro do ribossomo. *4.* Moléculas de RNAt trazem os aminoácidos que serão utilizados na síntese da proteína. *5.* O ribossomo percorre a fita do RNAm, fazendo a tradução da mensagem que nele está codificada e, com os aminoácidos trazidos pelos RNAt, fabrica a referida proteína.*

ATP (ADENOSINA TRIFOSFATO)

A molécula de ATP (adenosina trifosfato ou trifosfato de adenosina) também é de natureza nucleotídica, uma vez que é formada pela base nitrogenada adenina, ligada à pentose ribose, que, por sua vez, liga-se a três grupos fosfatos. Veja a representação a seguir:

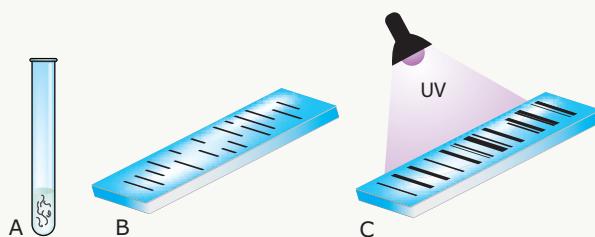
***Estrutura do ATP* – A adenosina é um nucleosídeo resultante da união da base nitrogenada adenina com a pentose ribose. Quando a adenosina se liga a apenas um grupo fosfato, forma-se o AMP (adenosina monofosfato); quando se liga a dois grupos fosfatos, há a formação de ADP (adenosina difosfato); quando se liga a três grupos fosfatos, forma-se o ATP. Nas ligações químicas do ATP, em especial nas ligações entre os grupos fosfatos, fica armazenada a energia que será utilizada nas atividades celulares. Assim, o ATP é a fonte imediata de energia para o trabalho celular.*

Normalmente, a energia utilizada nas atividades celulares é proveniente da degradação do ATP em ADP. A degradação do ADP em AMP, assim como a degradação do AMP, é um recurso de que a célula lança mão apenas em casos de extrema necessidade. No metabolismo celular normal, moléculas de ATP estão constantemente sendo degradadas em ADP + P_i, liberando energia para as atividades. Por outro lado, usando energia proveniente, principalmente, da respiração celular, moléculas de ATP estão constantemente sendo reconstituídas a partir da adição de um grupo fosfato ao ADP.

***Relação entre a síntese (produção) de ATP feita na respiração celular e sua degradação* – Durante as reações da respiração celular, compostos orgânicos, especialmente a glicose, são degradados, liberando energia sob a forma de calor. Parte dessa energia se perde rapidamente, irradiando-se para o meio, e parte é usada para ligar grupos fosfatos a moléculas de ADP, formando, assim, moléculas de ATP. A síntese do ATP, portanto, é feita por meio de uma fosforilação, isto é, acréscimo de fosfato ao ADP. Quando a célula necessita de energia para a realização de um trabalho qualquer, as moléculas de ATP são degradadas em ADP + P_i, e a energia liberada nessa degradação é então utilizada.*

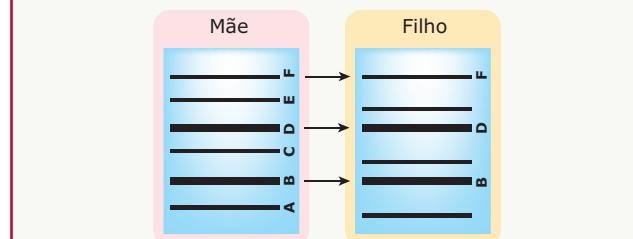
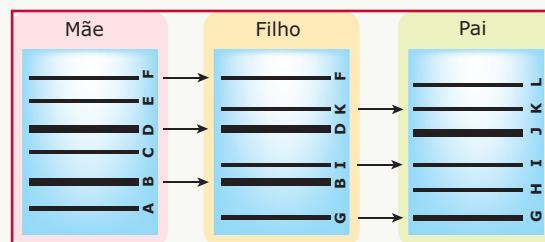
Nos vegetais, além da produção de ATP feita com energia proveniente da respiração celular, também há produção de ATP com utilização de energia obtida a partir da luz. Essa produção de ATP com energia obtida, primariamente, a partir da luz denomina-se fotofosforilação e ocorre durante a fotossíntese.

Em linhas gerais, o metabolismo energético das células consiste em degradar moléculas orgânicas (em geral, glicose) em reações exotérmicas (reações exergônicas, cuja energia liberada está sob a forma de calor), armazenando parte dessa energia, antes que a mesma se perca totalmente. Para isso, as células contam com substâncias especiais, capazes de armazenar energia em suas moléculas e, quando necessário, transferi-la para qualquer atividade em que ela seja necessária. A substância armazenadora de energia mais importante para as células é o ATP. O ATP funciona como uma "moeda energética" que pode ser gasta em qualquer momento em que a célula necessitar. Conforme a atividade, haverá um gasto maior ou menor de energia. Assim, conforme a atividade, haverá nas células uma degradação de um número maior ou menor de moléculas de ATP.

LEITURA COMPLEMENTAR

Teste de DNA

O teste de DNA é utilizado na identificação de pessoas, sendo de grande valia em investigações policiais e criminais, bem como no reconhecimento de paternidade.

Criado em 1984 pelo cientista inglês Alec Jeffreys, o exame de DNA, resumidamente, consiste no seguinte: o DNA presente em células do sangue ou de algum outro tecido é fragmentado em diversos pedaços com a utilização de enzimas especiais conhecidas por enzimas de restrição. Em seguida, os fragmentos são extraídos e colocados sobre um bloco gelatinoso e poroso e separados de acordo com o tamanho, por meio de um campo elétrico (eletroforese). A eletroforese é uma técnica que permite separar moléculas de acordo com o seu tamanho e carga elétrica.

Devido à presença dos íons fosfato (PO_4^{3-}), os fragmentos deslocam-se do polo negativo para o polo positivo. Os fragmentos menores deslocam-se mais rápido do que os maiores. Assim, ao término do procedimento, os fragmentos menores estarão mais próximos do polo positivo e os maiores, do polo negativo, alinhados numa disposição que lembra um código de barra. Ao serem iluminados com luz ultravioleta, tornam-se fluorescentes. O tamanho desses fragmentos é medido em Kb (quilobases), sendo 1 Kb = 1 000 pares de bases nitrogenadas.

A eletroforese do DNA fornece um padrão de faixas ou bandas de diferentes larguras e tamanhos (semelhante ao código de barras), que é típico de cada pessoa.

***O exame do DNA* – *A*. O DNA presente em células do indivíduo é fragmentado e, em seguida, extraído; *B*. Os fragmentos de DNA são colocados sobre um bloco gelatinoso e separados de acordo com o tamanho por meio de eletroforese; *C*. Após a adição de um reagente específico, sob radiação ultravioleta, os fragmentos se tornam fluorescentes e se mostram alinhados à semelhança das faixas (bandas) de um código de barras. O padrão observado é típico para cada pessoa. É a chamada impressão digital* (fingerprint) *de DNA.*

Essa técnica pode ser feita com trechos codificantes e / ou trechos não codificantes da molécula de DNA.

O teste de paternidade feito com o DNA garante 99,9% de certeza e, resumidamente, consiste no seguinte: são coletadas amostras do DNA da mãe, do filho e do suposto pai. Verifica-se primeiro quais as bandas do filho se alinham com as bandas da mãe; confirma-se, assim, tratar-se de mãe e filho. As bandas restantes do filho devem se alinhar e coincidir com as bandas do pai; se isso ocorrer, a paternidade estará comprovada; caso contrário, a paternidade é descartada. Veja a ilustração a seguir:

Verifica-se primeiro quais bandas do filho se alinham com as bandas da mãe.

As bandas restantes do filho devem alinhar-se e coincidir com as bandas do pai.

No teste de paternidade, normalmente utilizam-se fragmentos de DNA conhecidos por **VNRTs** (*Variable Number of Tandem Repeats* = número variável de repetições em sequência), formados por repetições de unidades compostas por nucleotídeos. São fragmentos encontrados em determinados cromossomos que, apesar de não codificantes, também são transmitidos segundo as leis mendelianas. Dessa forma, parte desses fragmentos que uma pessoa possui foi herdada da mãe e a outra parte, herdada do pai. Esses fragmentos são diferentes para cada pessoa (exceto nos casos de gêmeos univitelinos).

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (OSEC-SP) Quanto à sua estrutura química, o DNA e o RNA são

A) polipeptídeos.
B) nucleoproteínas.
C) polissacarídeos.
D) fosfatídeos.
E) polinucleotídeos.

02. (FCC-SP) Qual das seguintes alternativas indica **CORRETAMENTE** a forma como os nucleotídeos se unem para formar polinucleotídeos?

A) Fosfato-Fosfato
B) Pentose-Base nitrogenada
C) Fosfato-Base nitrogenada
D) Base nitrogenada-Base nitrogenada
E) Pentose-Fosfato

03. (UFMG) Se o total de bases nitrogenadas de uma sequência de DNA de fita dupla é igual a 240 e se nela existem 30% de adenina, o número de moléculas de guanina será igual a

A) 48.
B) 72.
C) 120.
D) 144.
E) 168.

04. (UFJF-MG) A duplicação do DNA é o processo pelo qual as informações genéticas se propagam nas células, a cada geração. Suponha que uma molécula de DNA radioativo e precursores não radioativos sejam adicionados a um tubo de ensaio. Considerando-se que a replicação ocorra normalmente, o que será encontrado no tubo de ensaio após 2 ciclos de replicação?

A) Uma molécula de DNA com 2 fitas radioativas, duas moléculas de DNA com 1 fita radioativa e 1 não radioativa, e uma molécula de DNA com 2 fitas não radioativas.

B) Duas moléculas de DNA com 2 fitas não radioativas, e duas moléculas de DNA com 1 fita radioativa e 1 fita não radioativa.

C) Duas moléculas de DNA com 2 fitas não radioativas, e duas moléculas de DNA com 2 fitas radioativas.

D) Quatro moléculas de DNA com as 2 fitas radioativas.

E) Quatro moléculas de DNA com as 2 fitas não radioativas.

05. (FMIT-MG) Uma molécula de ATP, trifosfato de adenosina, apresenta os mesmos componentes que uma molécula de adenina nucleotídeo, de um RNA, diferindo apenas

A) no número de bases nitrogenadas.

B) no número de grupos fosfóricos.

C) no tipo de pentose.

D) no número de pontes de hidrogênio.

E) em nenhuma destas.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (FCMSC-SP) Suponha que no DNA de certa célula haja 20% de guanina e 30% de outra base. Nessa célula, as porcentagens de citosina, timina e adenina devem ser, respectivamente,

A) 30%, 30% e 30%.

B) 30%, 30% e 20%.

C) 30%, 20% e 30%.

D) 20%, 30% e 30%.

E) 20%, 20% e 20%.

02. (UFV-MG) Em 2004, comemorou-se 50 anos da publicação do trabalho de Francis Crick e James Watson, que estabeleceu o modelo da estrutura da molécula de ácido desoxirribonucleico (DNA). Entre as afirmativas a seguir, assinale a alternativa **CORRETA**.

A) Uma cadeia simples de DNA é constituída de nucleotídeos, compostos por uma desoxirribose ligada a um fosfato e a um aminoácido.

B) A polimerização de uma fita simples de DNA é dita semiconservativa, pois independe da existência de uma fita molde.

C) Os nucleotídeos são polimerizados por meio de ligações fosfodiéster entre o fosfato e a base nitrogenada.

D) Duas cadeias simples de DNA formam uma dupla-hélice, por meio da formação de pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

E) As duas cadeias de uma dupla-hélice possuem a mesma orientação, e suas sequências de bases são complementares.

03. (UFSM-RS–2006) O DNA presente nas mitocôndrias tem composição e estrutura típicas desse tipo de ácido nucleico, portanto é formado por

I. uma cadeia de nucleotídeos em que as bases nitrogenadas interagem, formando ligações fosfo-diéster.

II. duas cadeias polinucleotídicas paralelas e complementares entre si, por meio dos pareamentos de aminoácidos.

III. nucleotídeos que são compostos por uma base nitrogenada, uma pentose e um radical "fosfato".

Está(ão) **CORRETA(S)**

A) apenas I.

B) apenas II.

C) apenas III.

D) apenas I e II.

E) apenas II e III.

04. (UGF-RJ)

DNA AJUDA NA LUTA CONTRA CRIME

A polícia britânica dispõe do primeiro arquivo do mundo dedicado à luta contra o crime, capaz de registrar dados de até cinco milhões de delinquentes ou supostos delinquentes. Para os promotores do projeto, trata-se do dispositivo mais revolucionário no serviço da polícia desde a introdução das impressões digitais.

JORNAL DO BRASIL, 12 abr. 1995.

Nesse novo arquivo policial, a diferença estrutural existente entre as moléculas de DNA será tomada por base para a identificação dos delinquentes. Essa diferença consiste no(a)

A) tipo de pentose existente.

B) número de fosfatos presentes.

C) número de desoxirriboses contidas.

D) presença da dupla-hélice.

E) sequência de bases nitrogenadas.

05. (FUVEST-SP) Bactérias foram cultivadas em um meio nutritivo, contendo timina radioativa, por centenas de gerações. Dessa cultura, foram isoladas 100 bactérias e transferidas para um meio sem substâncias radioativas. Essas bactérias sofreram três divisões no novo meio, produzindo 800 bactérias. A análise dos ácidos nucleicos mostrou que dessas 800 bactérias

A) 100 apresentavam o DNA marcado, mas não o RNA.

B) 200 apresentavam o DNA marcado, mas não o RNA.

C) 400 apresentavam o DNA marcado, mas não o RNA.

D) 200 apresentavam o DNA e o RNA marcados.

E) todas apresentavam o DNA e o RNA marcados.

06. (FEP-PA) O DNA e o RNA são constituídos de muitas unidades, os nucleotídios. Cada nucleotídio é constituído por um grupo fosfato, por uma pentose e por uma base nitrogenada.

A diferença entre DNA e RNA se estabelece

A) na pentose e nas bases nitrogenadas.

B) no fosfato e nas bases nitrogenadas.

C) na pentose e no fosfato.

D) na pentose, nas bases nitrogenadas e no fosfato.

E) apenas nas bases nitrogenadas.

07. (Cesgranrio) A análise do conteúdo de bases nitrogenadas de uma amostra pura de DNA revelou os valores mostrados na tabela a seguir:

Tipos de bases	Adenina	Citosina	Timina	Guanina
Quantidades de bases	182	186	85	372

A observação desses resultados permitiu deduzir que a amostra de DNA analisada é formada por apenas uma cadeia (um filamento).

Essa conclusão baseou-se no fato de que a(s) quantidade(s) de

A) guanina era o dobro da quantidade de adenina.
B) guanina era a mais alta de todas.
C) citosina e adenina eram iguais.
D) timina era muito baixa.
E) adenina e timina eram diferentes.

08. (UERJ) Na tabela a seguir, estão indicadas as massas moleculares dos diferentes nucleotídeos que compõem uma molécula de DNA de fita dupla.

Nucleotídeo	Massa molecular
Citosina-nucleotídeo	323
Guanina-nucleotídeo	347
Adenina-nucleotídeo	363
Timina-nucleotídeo	322

Sabendo-se que a referida molécula de DNA tem 10^4 pares de bases, que os nucleotídeos de adenina sempre se ligam com os nucleotídeos de timina, assim como os de citosina se ligam aos de guanina, e que esses pares ocorrem nessa molécula com frequências idênticas, pode-se avaliar que a massa molecular desse DNA é de, aproximadamente,

A) $3,3 \times 10^4$.
B) $3,3 \times 10^6$.
C) $6,7 \times 10^6$.
D) $1,3 \times 10^7$.
E) $1,3 \times 10^4$.

09. (FMTM-MG) A partir de um tecido animal, foram retiradas quatro amostras que continham ácidos nucleicos. Após a análise das amostras, obteve-se o seguinte:

- Amostra I: desoxirribose.
- Amostra II: timina.
- Amostra III: 20% de citosina e 20% de guanina.
- Amostra IV: 30% de adenina e 10% de uracila.

Entre as amostras analisadas, pode-se afirmar que se refere ao DNA o contido apenas em

A) III e IV.
B) II e IV.
C) II e III.
D) I e III.
E) I e II.

10. (Unicamp-SP) Considere a seguinte constatação, com relação à duplicação de ácidos nucleicos: "O DNA pode produzir mais moléculas iguais a si próprio". Como seria explicada essa constatação, sabendo também que o DNA, quando isolado da célula e purificado, é incapaz de realizar a sua duplicação?

11. (PUC Rio–2010) O material genético deve suas propriedades a seus constituintes, os nucleotídeos, e à forma como são organizados na molécula de ácido nucleico. No caso específico do DNA, é característica da estrutura molecular

A) a ligação entre as bases nitrogenadas se dar por pontes de enxofre.
B) a pentose típica do DNA ser uma desoxirribose.
C) ter como bases nitrogenadas a adenina, a citosina, a guanina, a timina e a uracila.
D) não existir uma orientação de polimerização dos nucleotídeos em cada cadeia.
E) formar cadeias somente de fita simples.

12. (UFF–2011) "Após o anúncio histórico da criação de vida artificial no laboratório do geneticista Craig Venter, o mesmo responsável pela decodificação do genoma humano em 2001, o presidente dos EUA, Barack Obama, pediu a seus conselheiros especializados em biotecnologia para analisarem as consequências e as implicações da nova técnica."

O Globo *on line*, 22 maio 2010.

A experiência de Venter ainda não explica como a vida começou, mas reforça novamente que, sob determinadas condições, fragmentos químicos são unidos para formar a principal molécula responsável pelo código genético da vida. Para a síntese de uma molécula de DNA em laboratório, a partir de uma fita molde de DNA, além do *primer*, deve-se utilizar

A) nucleotídeos de Timina, Citosina, Guanina e Adenina; DNA e RNA polimerase.
B) nucleotídeos de Timina, Citosina, Guanina e Uracila; e DNA polimerase.
C) nucleotídeos de Timina, Citosina, Guanina e Adenina; e DNA polimerase.
D) nucleotídeos de Timina, Citosina, Guanina e Uracila; e RNA polimerase.
E) nucleotídeos de Timina, Citosina, Guanina, Uracila e Adenina; e DNA polimerase.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–1998) João ficou intrigado com a grande quantidade de notícias envolvendo DNA: clonagem da ovelha Dolly, terapia gênica, teste de paternidade, engenharia genética, etc. Para conseguir entender as notícias, estudou a estrutura da molécula de DNA e seu funcionamento e analisou os dados do quadro a seguir:

IV Bases nitrogenadas: A = Adenina
T = Timina
C = Citosina
G = Guanina
U = Uracila

Analisando-se o DNA de um animal, detectou-se que 40% de suas bases nitrogenadas eram constituídas por adenina. Relacionando esse valor com o emparelhamento específico das bases, os valores encontrados para as outras bases nitrogenadas foram

A) T = 40%; C = 20%; G = 40%.
B) T = 10%; C = 10%; G = 40%.
C) T = 10%; C = 40%; G = 10%.
D) T = 40%; C = 10%; G = 10%.
E) T = 40%; C = 60%; G = 60%.

02. (Enem–2004) A identificação da estrutura do DNA foi fundamental para compreender seu papel na continuidade da vida. Na década de 1950, um estudo pioneiro determinou a proporção das bases nitrogenadas que compõem moléculas de DNA de várias espécies.

Exemplos de materiais analisados	Bases nitrogenadas			
	Adenina	Guanina	Citosina	Timina
Espermatozoide humano	30,7%	19,3%	18,8%	31,2%
Fígado humano	30,4%	19,5%	19,9%	30,2%
Medula óssea de rato	28,6%	21,4%	21,5%	28,5%
Espermatozoide de ouriço-do-mar	32,8%	17,7%	18,4%	32,1%
Plântulas de trigo	27,9%	21,8%	22,7%	27,6%
Bactérias *E.coli*	26,1%	24,8%	23,9%	25,1%

A comparação das proporções permitiu concluir que ocorre emparelhamento entre bases nitrogenadas e que elas formam

A) pares de mesmo tipo em todas as espécies, evidenciando a universalidade da estrutura do DNA.
B) pares diferentes de acordo com a espécie considerada, o que garante a diversidade da vida.
C) pares diferentes em diferentes células de uma mesma espécie, como resultado da diferenciação celular.
D) pares específicos apenas nos gametas, pois essas células são responsáveis pela perpetuação das espécies.
E) pares específicos somente nas bactérias, pois esses organismos são formados por uma única célula.

GABARITO

Fixação

01. E
02. E
03. A
04. B
05. B

Propostos

01. D
02. D
03. C
04. E
05. B
06. A
07. E
08. C
09. E
10. Para que o DNA possa se autoduplicar, são necessárias certas condições, como a disponibilidade de nucleotídeos livres, que servirão de matéria-prima para a formação das novas moléculas de DNA, além das enzimas específicas. Essas condições são encontradas naturalmente apenas no interior de células vivas. Assim, uma vez isolado da célula e purificado, o DNA não dispõe das condições necessárias para se autoduplicar.
11. B
12. C

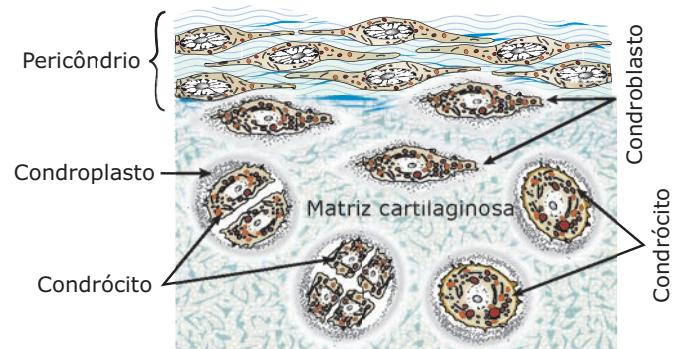
Seção Enem

01. D
02. A

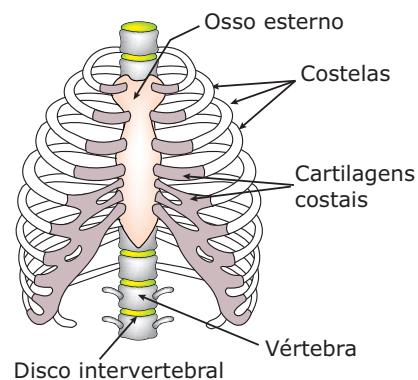
BIOLOGIA

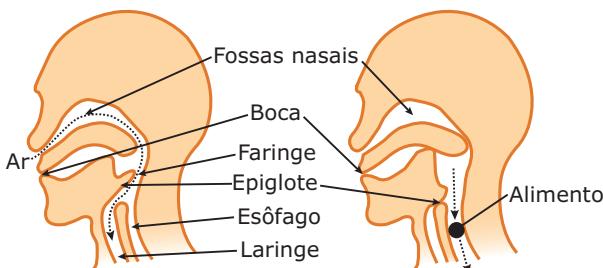
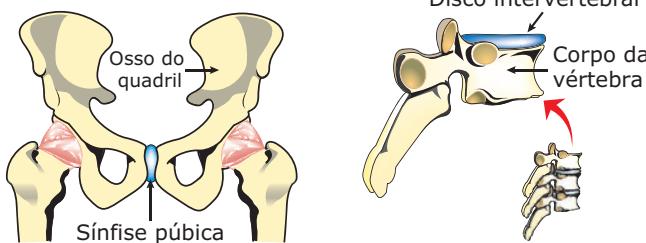
Histologia animal: tecidos conjuntivos de transporte e de sustentação

TECIDOS CONJUNTIVOS DE SUSTENTAÇÃO

Tecido cartilaginoso

Como os demais tipos de tecido conjuntivo, o tecido cartilaginoso, ou simplesmente cartilagem, contém células (condroblastos e condrócitos) e uma substância intercelular, chamada de matriz cartilaginosa.

A matriz cartilaginosa é constituída da substância fundamental amorfa (rica em mucopolissacarídeos ácidos, como o ácido hialurônico e o ácido condroitinosulfúrico) e de fibras proteicas (colágenas e elásticas).

Os condroblastos são as células cartilaginosas jovens, com intensa atividade metabólica, responsáveis pela fabricação da matriz cartilaginosa. Originam-se da diferenciação de células mesenquimatosas.

Os condrócitos são células cartilaginosas adultas, originárias dos condroblastos. São encontrados no interior de lacunas, denominadas condroplastos, escavadas na matriz cartilaginosa. Um condroplasto (lacuna) pode conter um ou mais de um condrócito.

O tecido cartilaginoso é desprovido de vasos sanguíneos, de vasos linfáticos e de nervos. Os nutrientes necessários à manutenção de suas células provêm, por difusão, dos vasos sanguíneos existentes no pericôndrio (película de tecido conjuntivo denso não modelado que envolve a cartilagem). As substâncias se difundem lentamente do pericôndrio para a matriz cartilaginosa, o que explica o baixo metabolismo da cartilagem e a dificuldade dos processos de regeneração desse tecido. Como também não possuem nervos, as cartilagens não têm sensibilidade.

De acordo com a abundância e com o tipo de fibra presente na sua matriz, existem três variedades de cartilagem: hialina, elástica e fibrosa.

- **Cartilagem hialina** – É a mais frequente do corpo humano e se caracteriza por possuir uma quantidade moderada de fibras colágenas e não ter fibras elásticas. Forma o primeiro esqueleto do embrião, que, posteriormente, é substituído por um esqueleto ósseo na maioria dos vertebrados. No adulto, é encontrada no nariz, na laringe, nos anéis da traqueia e dos brônquios, na extremidade ventral das costelas (cartilagens costais, que ligam as costelas ao osso esterno), nos discos epifisários dos ossos longos e nas articulações móveis entre ossos longos (cartilagens articulares).

- **Cartilagem elástica** – Além de fibras colágenas, também possui fibras elásticas entrelaçadas, o que lhe confere maior elasticidade. É encontrada no pavilhão auditivo (orelha) e na epiglote.

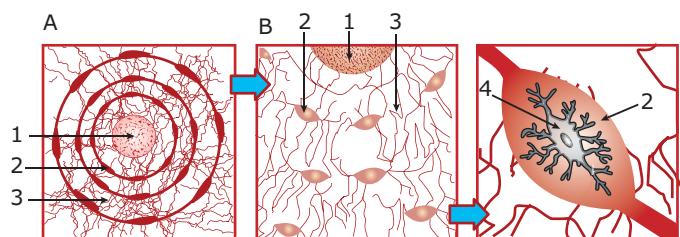
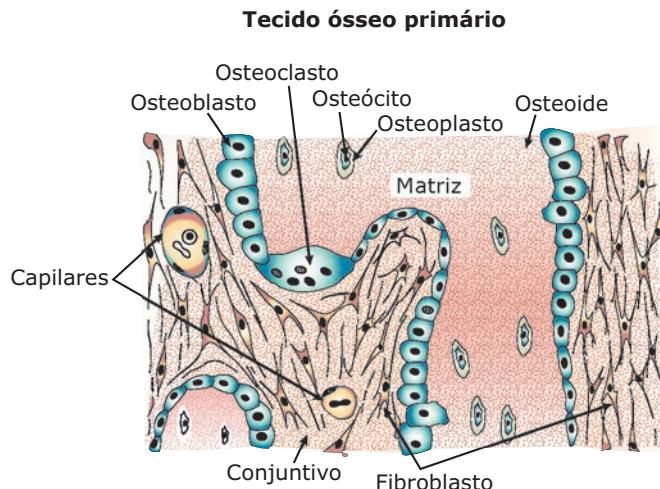
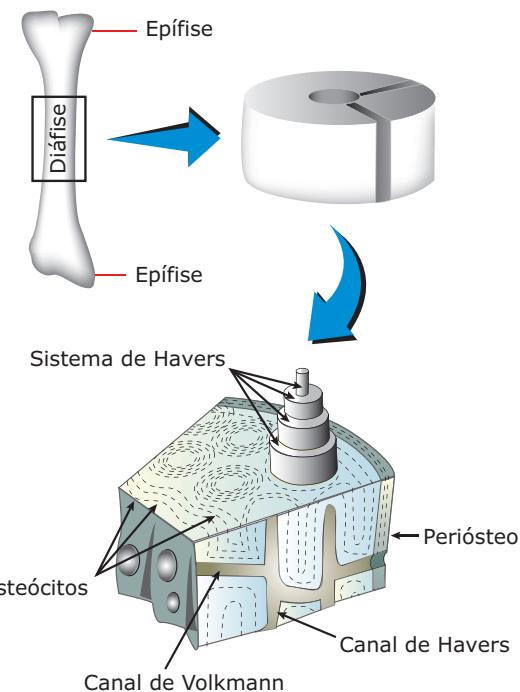
- **Cartilagem fibrosa (fibrocartilagem)** – Sua matriz é constituída quase que exclusivamente de fibras colágenas dispostas em espessos feixes. É a cartilagem mais resistente que existe no organismo, sendo encontrada nos discos intervertebrais e na sínfise pubiana (união no plano mediano dos ossos do quadril).

Além das funções de suporte e modelagem, as cartilagens revestem as superfícies das articulações e, por serem lisas e escorregadias, facilitam os movimentos dos ossos.

Tecido ósseo

É formado pela substância intercelular, denominada matriz óssea, e por três tipos de células: osteoblastos, osteócitos e osteoclastos.

A matriz óssea possui uma parte orgânica (matriz óssea orgânica), constituída principalmente de fibras colágenas e de uma parte mineral ou inorgânica (matriz óssea inorgânica), formada, principalmente, por cristais de fosfato de cálcio (hidroxiapatita) que se depositam sobre as fibras colágenas.

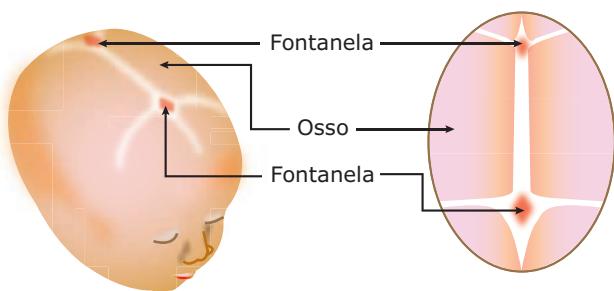
Enquanto os minerais conferem dureza, o colágeno dá flexibilidade e resistência ao tecido ósseo. Isso pode ser comprovado através de experimentos relativamente simples. Por exemplo: experimente remover com vinagre o fosfato de cálcio de um osso de galinha. O vinagre contém cerca de 4% de ácido acético e, como o fosfato de cálcio é solúvel em soluções ácidas, o vinagre é um descalcificador. Vá renovando o vinagre a cada dois dias, pois o processo é lento e sua duração vai depender do grau de mineralização do osso. Observe que, quando todo o cálcio estiver removido, o osso tornar-se-á flexível, mas manterá a mesma forma que apresentava inicialmente. Por outro lado, se retirarmos do osso apenas o componente orgânico, representado principalmente pelo colágeno, deixando no mesmo a parte mineral, o osso, reduzido apenas à estrutura inorgânica calcária, tornar-se-á extremamente quebradiço. A retirada apenas do colágeno pode ser feita, por exemplo, através de fervura prolongada e posterior desidratação em forno.

Células do tecido ósseo *– Os osteoblastos têm forma cúbica e são as células ósseas jovens, originárias da diferenciação de células mesenquimatosas. Constroem o tecido ósseo, pois produzem a matriz óssea orgânica. Por isso, são encontrados nas zonas onde o tecido ósseo está em formação (tecido ósseo primário). A matriz óssea, recém-formada, adjacente aos osteoblastos ativos, e que não está ainda calcificada, recebe o nome de osteoide. Após serem envolvidos pela matriz óssea que eles próprios produzem, os osteoblastos transformam-se em osteócitos. Os osteócitos são as células ósseas adultas, originárias do desenvolvimento dos osteoblastos. Localizam-se no interior de lacunas (cavidades), denominadas osteoplastos, escavadas na própria matriz óssea. Os diversos osteoplastos se comunicam uns com os outros por meio de canalículos. Esses canalículos também permitem a comunicação dos osteócitos com os canais vasculares da matriz, permitindo, assim, a nutrição das células ósseas. Os osteoclastos são células globosas, gigantes, multinucleadas, originárias dos monócitos do sangue circulante. Após atravessar a parede dos capilares dos ossos, os monócitos fundem-se para formar os osteoclastos. Através da ação de enzimas que produzem e liberam, os osteoclastos promovem a digestão da matriz óssea e, em seguida, reabsorvem a matriz digerida (reabsorção da matriz óssea). Essa ação dos osteoclastos é fundamental para o processo de renovação do tecido ósseo. O tecido ósseo, principalmente nos jovens, está em renovação constante. Essa renovação é realizada através de uma fase de reabsorção, seguida de uma fase de reconstrução. Os osteoclastos são responsáveis pela reabsorção, e os osteoblastos, pela reconstrução do tecido. A presença de osteoclastos em uma determinada área de tecido ósseo indica que nessa área está havendo reabsorção da matriz óssea. Após uma fratura, por exemplo, os osteoclastos tornam-se muito ativos, participando de forma marcante no processo de regeneração do tecido ósseo.*

O tecido ósseo pode ser classificado em primário e secundário.

- **Tecido ósseo primário (imaturo)** – É o primeiro tecido ósseo formado em um determinado local. Nele, as fibras colágenas formam feixes dispostos irregularmente e a matriz apresenta menor quantidade de minerais (pouco mineralizada). Gradativamente, o tecido ósseo primário vai sendo substituído pelo tecido ósseo secundário.

- **Tecido ósseo secundário (maduro, lamelar)** – Sua principal característica é possuir osteoplastos dispostos em camadas concêntricas em torno de canais, os canais centrais (canais de Havers). Cada canal central contém vasos sanguíneos, nervos e tecido conjuntivo frouxo. Os canais centrais se comunicam transversalmente uns com os outros, através dos canais perfurantes (canais de Volkmann), que também contêm vasos sanguíneos e fibras nervosas. Cada canal central com as camadas concêntricas de osteoplastos que o circundam recebe o nome de sistema de Havers ou ósteon. No tecido ósseo secundário (adulto ou maduro), existem diversos sistemas de Havers ou osteônios. As cavidades dos canais de Havers e de Volkmann são revestidas por uma camada de células achatadas, denominada endósteo.

Detalhes de um sistema de Havers – ***A***. *Por inteiro.* ***B***. *Parcial.* ***1***. *Canal de Havers.* ***2***. *Osteoplasto (lacuna onde se aloja um osteócito).* ***3***. *Canalículos por onde se dá a difusão de líquidos e gases respiratórios. Ao redor do canal de Havers, as lâminas calcárias se dispõem concentricamente, formando as lamelas ósseas.* ***4***. *Osteócito dentro de um osteoplasto.*

Os ossos

O tecido ósseo é o tecido mais abundante em um osso. O osso é, portanto, um órgão. Em um osso, existem vários tipos de tecidos: hematopoiético, cartilaginoso, adiposo, sanguíneo, nervoso, além do tecido ósseo que obviamente é o predominante.

O processo de formação dos ossos tem o nome de ossificação ou osteogênese e pode ser de dois tipos: intramembranoso e endocondral.

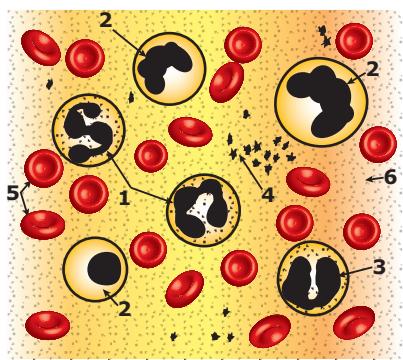
- **Ossificação intramembranosa ou conjuntiva** – É feita a partir de uma membrana de tecido conjuntivo embrionário. O tecido ósseo começa a se formar às custas de osteoblastos resultantes da diferenciação de células mesenquimatosas. Esses osteoblastos sintetizam grande quantidade de colágeno, organizando uma matriz descalcificada, chamada osteoide. Por calcificação da matriz, surgem zonas ou pontos de ossificação, e as células, aí aprisionadas, constituem os osteócitos. Resultam, assim, lâminas ósseas irregulares que aos poucos crescem e se fundem.

  A parte da membrana conjuntiva que não sofre ossificação e que recobre agora o osso formado constitui o periósteo.

  A ossificação intramembranosa é o processo formador dos ossos chatos de nosso organismo, como os do crânio, e também contribui para o crescimento em espessura dos ossos longos.

  Em nosso crânio, enquanto a ossificação intramembranosa não se completa, nos pontos de sutura da caixa craniana, persistem as fontanelas ("moleiras") menos rígidas.

Crânio fetal, mostrando as fontanelas (''moleiras'') *– As conhecidas "moleiras" dos recém-nascidos correspondem a regiões menos rígidas nas quais a ossificação intramembranosa não se completou. Progressivamente, a membrana dessas regiões vai sendo substituída por tecido ósseo, desaparecendo, então, as "moleiras".*

- **Ossificação endocondral ou intracartilaginosa** – É feita a partir de um molde de cartilagem hialina, cuja morfologia é semelhante à do osso que vai se formar, porém de tamanho menor. Nesse processo, o tecido cartilaginoso vai sendo gradualmente substituído pelo tecido ósseo. Não há transformação de cartilagem em osso, e sim, substituição do tecido cartilaginoso pelo tecido ósseo.

  Através desse tipo de ossificação, forma-se a maioria dos ossos de nosso corpo. Esse processo é responsável pelo crescimento em comprimento dos ossos longos, contribuindo também para a formação dos ossos curtos.

  Tanto na ossificação intramembranosa como na endocondral, o primeiro tecido formado é o primário, que, pouco a pouco, vai sendo substituído pelo tecido ósseo secundário.

TECIDO CONJUNTIVO DE TRANSPORTE

Tecido sanguíneo

O tecido sanguíneo (sangue) é constituído de uma substância intercelular líquida, denominada plasma, e de elementos celulares (elementos figurados), representados pelas células sanguíneas (glóbulos vermelhos e glóbulos brancos) e por fragmentos de células denominados plaquetas.

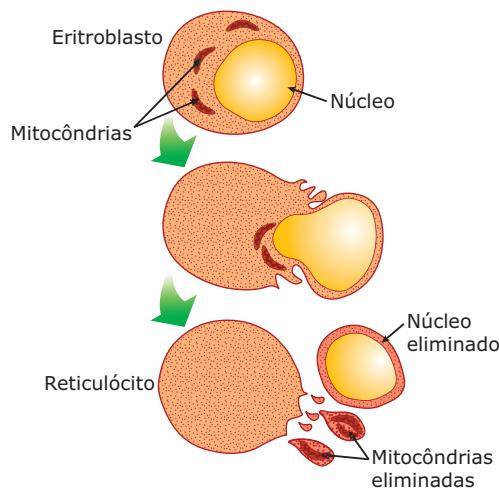
Sangue *– **1**, **2** e **3** – Diferentes tipos de glóbulos brancos. **4** – Plaquetas. **5** – Glóbulos vermelhos. **6** – Plasma.*

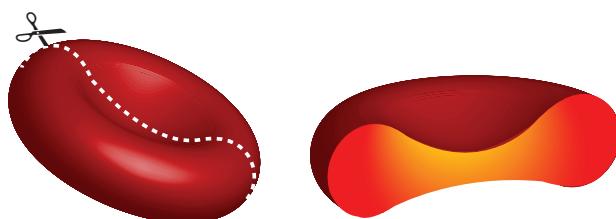
Plasma sanguíneo

Constituído de cerca de 90% de água e de 10% de substâncias orgânicas diversas e íons minerais.

As substâncias orgânicas estão representadas por proteínas, aminoácidos, lipídios, glicose, vitaminas e excretas nitrogenadas (ureia, ácido úrico, etc.). Entre as proteínas, a mais abundante é a albumina, que tem papel fundamental na manutenção da pressão osmótica do sangue. Também existem proteínas encontradas no plasma que atuam como enzimas; algumas participam das reações da coagulação; outras atuam como hormônios e existem, ainda, proteínas de defesa (imunoglobulinas ou anticorpos). Entre os íons minerais, predominam os de sódio, de cloro, de potássio, de cálcio e de fosfato.

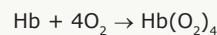
Elementos celulares (elementos figurados)

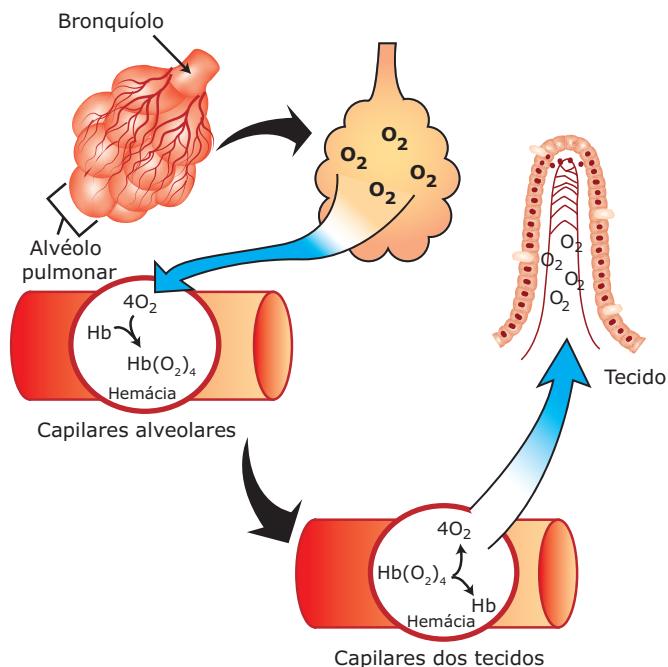
Estão representados pelos glóbulos vermelhos, pelos glóbulos brancos e pelas plaquetas.

A) Glóbulos vermelhos (eritrócitos, hemácias) – São produzidos na medula óssea vermelha e constituem as células sanguíneas mais numerosas. No indivíduo adulto, são encontrados em média 4,5 a 5,5 milhões de hemácias/mm^3 de sangue. Esse número pode sofrer alterações em função de anemias e da altitude. Existem situações em que a taxa de hemácias diminui no sangue ou, então, o número de hemácias pode ser normal, mas cada uma delas pode conter pouca hemoglobina e, consequentemente, ser incapacitada de transportar convenientemente o O_2. Nessas situações, temos uma anemia (hipoemia, hipoglobulia).

As anemias podem ter como causa: hemorragias (perda de sangue); produção insuficiente de hemácias pela medula óssea; produção de hemácias com hemoglobina insuficiente; destruição acelerada das hemácias.

Também existem situações em que o número de hemácias aumenta. É o que acontece em regiões de grande altitude, onde a disponibilidade de O_2 no ar atmosférico é baixa. Tal fenômeno é chamado de hiperglobulia compensatória ou policitemia. As baixas tensões de O_2 nas grandes altitudes estimulam a maior produção dessas células e a entrada de um maior número delas na circulação. A deficiência de oxigênio nos tecidos (hipoxia) aumenta, no sangue, o teor do hormônio eritropoietina, liberado pelas células dos rins. Esse hormônio estimula a medula óssea a produzir maior número de eritrócitos. Na produção de hemácias, são indispensáveis fatores nutricionais, como a vitamina B_{12}, o ácido fólico e o ferro.

Uma vez lançada na circulação, uma hemácia vive em média de 90 a 120 dias. Por serem continuamente renovadas, tornam-se necessárias a remoção e a consequente destruição das hemácias envelhecidas, o que é feito, principalmente, pelo baço e também pelo fígado. As células de Kuppfer do fígado têm como função fagocitar hemácias velhas e liberar o ferro contido nas moléculas de hemoglobina. Esse processo de retirada e destruição das hemácias velhas da circulação tem o nome de hemocaterese.

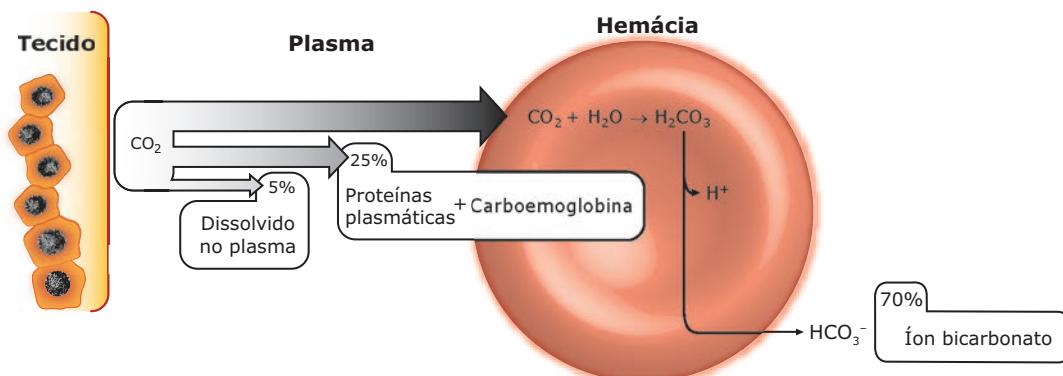
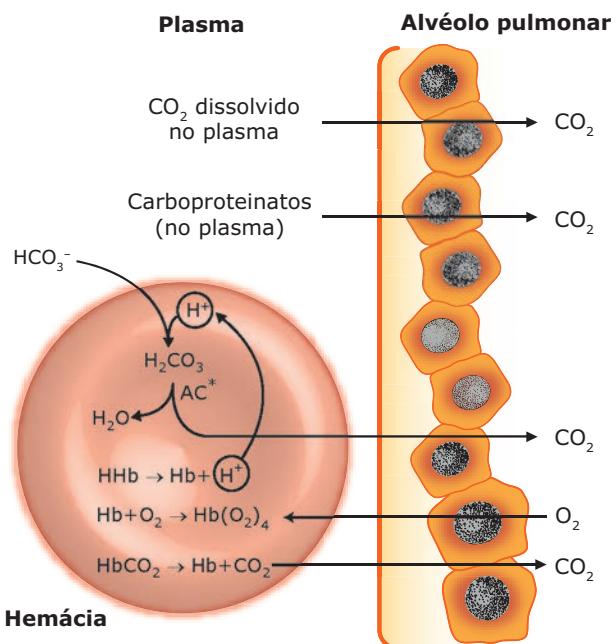
As hemácias circulantes dos mamíferos são anucleadas. Nos demais vertebrados, são nucleadas. Os eritrócitos se formam na medula óssea vermelha, a partir de células chamadas eritroblastos. No curso de sua diferenciação, os eritroblastos dos mamíferos expelem o núcleo e sintetizam grande quantidade de moléculas de hemoglobina, transformando-se nos reticulócitos. Os reticulócitos passam para a corrente sanguínea, onde perdem as organelas citoplasmáticas (mitocôndrias, ribossomos, etc.), transformando-se nos eritrócitos. Em virtude de não possuírem núcleo e nem organelas, as hemácias não se reproduzem, não sintetizam proteínas, têm um metabolismo relativamente baixo e sua vida é curta.

Formação das hemácias *– A célula precursora da hemácia é o eritroblasto, que, em condições normais, não é encontrado no sangue, mas apenas na medula óssea vermelha. Durante sua formação, o eritroblasto expele o núcleo e fabrica hemoglobina, transformando-se no reticulócito, que amadurece e se transforma na hemácia.*

Hemácia de mamífero em corte transversal *– As hemácias dos mamíferos possuem uma forma de disco bicôncavo. Esse formato aumenta a superfície da membrana plasmática, proporcionando uma maior troca de gases (O_2 e CO_2). Em algumas patologias a forma normal das hemácias é alterada. Na anemia falciforme, por exemplo, as hemácias, em baixa tensão de O_2, assumem a forma de "meia-lua" ou de "lâmina de foice", o que justifica o nome dessa anemia.*

A função do glóbulos vermelhos é a de transportar os gases respiratórios (O_2 e CO_2) em nosso organismo.

- **Transporte de O_2** – É feito dos pulmões para os tecidos através da corrente sanguínea e pode ser assim resumido:

  Nos alvéolos pulmonares, o oxigênio presente no ar difunde-se para o interior da hemácia, formando com a hemoglobina moléculas de oxiemoglobina. Cada molécula de hemoglobina combina-se com quatro moléculas de oxigênio. Isso se deve ao fato de cada molécula de hemoglobina possuir quatro radicais heme e cada um deles poder ligar-se a um O_2.

$$Hb + 4O_2 \rightarrow Hb(O_2)_4$$

Hb = Hemoglobina; $Hb(O_2)_4$ = Oxiemoglobina

Embora haja grande afinidade entre a hemoglobina e o oxigênio, a combinação entre ambos é fraca e instável. Assim, a oxiemoglobina é um composto instável que, no nível dos capilares dos tecidos, se dissocia, liberando o oxigênio que, por difusão, vai para as células dos tecidos.

Transporte de O_2 *– Hb = Molécula de hemoglobina; $Hb(O_2)_4$= Oxiemoglobina. Na espécie humana, encontramos dois tipos de hemoglobina: a hemoglobina fetal (HbF) e a hemoglobina de adulto (HbA). A HbF tem maior afinidade pelo oxigênio que a HbA presente nas hemácias da mãe, e por isso há permanente transferência do O_2 da circulação materna para a circulação fetal.*

- **Transporte de CO_2** – Também é feito pela corrente sanguínea, porém no sentido inverso ao do O_2, ou seja, é transportado dos tecidos, onde é produzido pela respiração celular, para os pulmões, a fim de que possa ser eliminado do nosso organismo por meio da expiração.

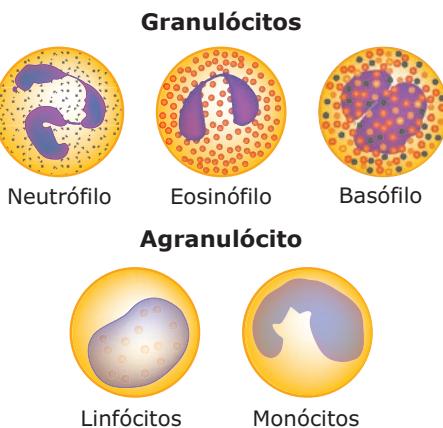
O CO_2 lançado pelos tecidos na corrente sanguínea é levado até os alvéolos pulmonares por três processos: 5% dissolvido no plasma sanguíneo, 25% transportado por proteínas do plasma e por hemoglobina das hemácias e 70% como íons bicarbonato, dissolvidos no plasma.

O transporte de CO_2 pelo sangue ocorre de maneira diferente daquela descrita para o oxigênio. A solubilidade do CO_2 no plasma é maior do que a do O_2. Assim, cerca de 5% do gás carbônico que se difunde dos tecidos para o sangue permanecem dissolvidos no plasma, sendo, dessa forma, transportados para os pulmões. Cerca de 25% se combinam com proteínas plasmáticas, formando carboproteinatos, e com a hemoglobina, dentro das hemácias, formando a carboemoglobina ($HbCO_2$). Os carboproteinatos são transportados pelo próprio plasma e a carboemoglobina é transportada pelas hemácias. A maior parte do CO_2, cerca de 70%, ao penetrar na corrente sanguínea no nível dos tecidos, difunde-se para o interior das hemácias, onde, sob a ação catalisadora da enzima anidrase carbônica, reage com a água, formando o ácido carbônico (H_2CO_3). O ácido carbônico, assim formado, imediatamente se dissocia em íons H^+ e HCO_3^- (íon bicarbonato). Os íons H^+ permanecem no interior das hemácias ligados à hemoglobina, enquanto os íons HCO_3^- difundem-se para o plasma, sendo transportados até os capilares sanguíneos que circundam os alvéolos pulmonares. Nesses capilares, os íons bicarbonato penetram em hemácias onde combinam-se com os íons H^+, liberados pela hemoglobina, reconstituindo o ácido carbônico que, por ação da anidrase carbônica, se dissocia em H_2O e CO_2. Por difusão, o CO_2 vai para o interior dos alvéolos pulmonares, sendo eliminado do organismo através da expiração.

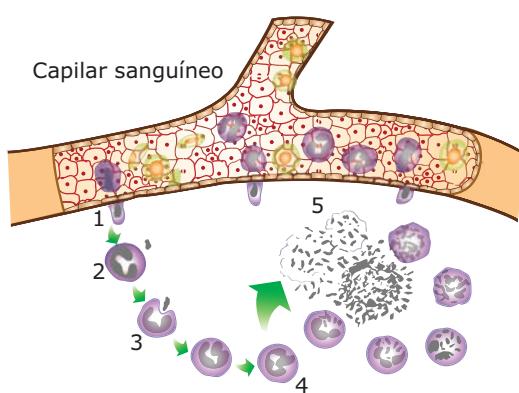
*AC = Anidrase carbônica

OBSERVAÇÃO

Você não deve confundir carboemoglobina ($HbCO_2$), que é a combinação da hemoglobina com o dióxido de carbono (gás carbônico), com carboxiemoglobina (HbCO), que resulta da combinação da hemoglobina com o monóxido de carbono (CO).

Enquanto a carboemoglobina é um composto instável, a carboxiemoglobina é estável. Uma vez inspirado, o CO passa dos alvéolos pulmonares para a corrente sanguínea, penetrando nas hemácias e estabelecendo com a hemoglobina uma ligação estável, a carboxiemoglobina, inutilizando a hemácia para o transporte do oxigênio, pois o O_2 não consegue "deslocar" o CO que se acha ligado à hemoglobina. A consequência, evidentemente, é a diminuição da oxigenação dos tecidos. Dependendo da quantidade de CO inspirado e da taxa de carboxiemoglobina formada, pode-se ter a morte do organismo por asfixia (falta de oxigenação adequada dos tecidos).

B) Glóbulos brancos (leucócitos) – Formados na medula óssea vermelha, são as maiores células sanguíneas, sendo que alguns sofrem maturação nos chamados órgãos linfoides (timo, baço). Seu número ou taxa normal no indivíduo adulto está compreendido numa faixa de 5 000 a 10 000/mm^3 de sangue. Taxas um pouco superiores a 10 000/mm^3 caracterizam uma leucocitose, quadro clínico típico de infecção, que pode ser geral ou em algum local do organismo.

A queda do número de leucócitos (abaixo de 5 000/mm^3) denomina-se leucopenia, o que compromete as defesas naturais do organismo contra os agentes invasores. A leucopenia pode ocorrer muitas vezes em consequência de intoxicações graves ou pelo uso indiscriminado de certos medicamentos.

Os leucócitos têm uma vida média muito curta de somente alguns dias, sendo que, às vezes, permanecem na corrente sanguínea apenas por algumas horas. Alguns são destruídos pela ação de suas próprias enzimas; outros, que atravessam a parede intestinal, os dutos salivares ou os túbulos renais, são eliminados, respectivamente, com as fezes, a saliva e a urina. Muitos, porém, ao atingirem o limite de sua capacidade vital, são destruídos pelos mesmos órgãos que promovem a destruição das hemácias envelhecidas.

Os leucócitos têm a capacidade de atravessar as paredes dos vasos sanguíneos, penetrar em outros tecidos e, assim, combater corpos estranhos ou invasores que não estejam na corrente sanguínea. Essa capacidade dos leucócitos de sair dos vasos sanguíneos é denominada diapedese.

Os glóbulos brancos são células nucleadas e estão divididos em dois grupos, conforme apresentem ou não granulações em seu citoplasma. Assim, temos: leucócitos granulócitos e leucócitos agranulócitos.

Granulócitos

Neutrófilo

Eosinófilo

Basófilo

Agranulócito

Linfócitos

Monócitos

B.1) Leucócitos granulócitos (granulosos, polimorfonucleares) – Possuem o citoplasma repleto de granulações. Por muito tempo se supôs que tais granulações fossem constituídas apenas de lisossomos especializados. Todavia, sabe-se hoje que algumas granulações têm composição química diferente dos lisossomos. São de três tipos: neutrófilos, eosinófilos (acidófilos) e basófilos.

I) Neutrófilos – No adulto, são os leucócitos mais abundantes (cerca de 60% do total de leucócitos) e, em geral, têm núcleo trilobulado (com três lóbulos). São muito ativos na fagocitose de elementos estranhos ao organismo. Englobam e digerem micro-organismos invasores. Muitas vezes, ao fagocitarem bactérias, são destruídos por toxinas produzidas por esses micro-organismos. Os neutrófilos mortos, em decomposição, são denominados piócitos. O acúmulo desses restos de neutrófilos com bactérias e toxinas caracteriza o pus.

Atividade leucocitária *– **1.** Neutrófilo realizando a diapedese; **2.** Neutrófilo diante de uma bactéria; **3.** Neutrófilo fagocitando a bactéria; **4.** Digestão intracelular da bactéria; **5.** Neutrófilos mortos em meio a bactérias e toxinas (pus).*

II) **Eosinófilos** – Constituem cerca de 3% do total de leucócitos. O núcleo é, em geral, bilobulado e o citoplasma apresenta grânulos relativamente grandes. São menos ativos na fagocitose do que os neutrófilos. Em doenças alérgicas ou provocadas por parasitas intestinais, há um aumento do número dessas células.

III) **Basófilos** – São os menos numerosos (apenas 1% do total de leucócitos). Apresentam núcleo volumoso e morfologicamente irregular. Suas granulações são maiores do que as dos demais granulócitos. Os basófilos também fazem fagocitose, embora não sejam muito ativos nessa função. Eles se destacam mais na produção de heparina (substância anticoagulante) e de histamina (substância vasodilatadora, liberada em processos alérgicos).

B.2) **Leucócitos agranulócitos (agranulosos, mononucleados)** – Não possuem granulações no citoplasma. São de dois tipos: monócitos e linfócitos.

I) **Monócitos** – Perfazem cerca de 6% dos leucócitos. O núcleo dessas células tem a forma que lembra um rim ou uma ferradura.

Os monócitos podem sair do sangue e alojar-se em outros tecidos, dando origem a diferentes tipos de células, que têm em comum a grande capacidade de fagocitose: no tecido conjuntivo propriamente dito, os monócitos dão origem aos macrófagos; no fígado, às células de Kuppfer; no tecido nervoso, às células micróglias.

Os monócitos e todas as células a que eles dão origem formam o chamado sistema mononuclear fagocitário, também denominado por alguns de sistema reticuloendotelial.

II) **Linfócitos** – Constituem aproximadamente 30% dos leucócitos. Apresentam um núcleo volumoso e não possuem granulações no citoplasma. Relacionam-se com a produção de anticorpos. Certos linfócitos são capazes de atravessar as paredes dos vasos sanguíneos e penetrar no conjuntivo propriamente dito, onde transformam-se em plasmócitos. Alguns podem também se transformar num tipo especial de células, denominadas células rejeitadoras de enxertos, que podem invadir e destruir os órgãos transplantados.

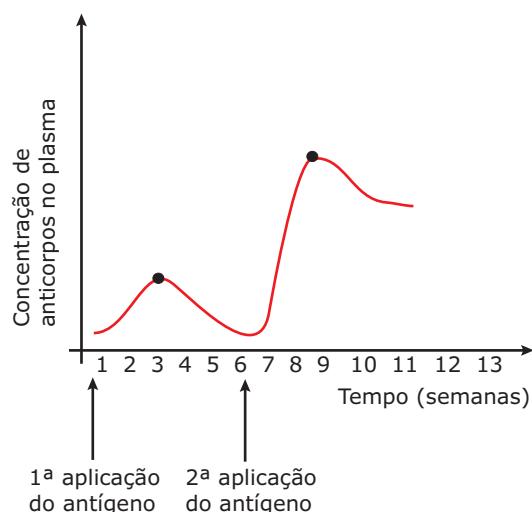
Existem duas classes principais de linfócitos: linfócitos B e linfócitos T.

- **Linfócitos B** – Receberam esse nome por terem sido descobertos na Bursa de Fabricius, uma projeção saculiforme da porção terminal da cloaca de aves. Os mamíferos não possuem essa estrutura. Neles, os linfócitos B se originam na medula óssea. Por movimentação ameboide, penetram nos capilares sanguíneos e são levados pelo sangue para órgãos linfáticos, onde proliferam quando ativados por antígenos e se diferenciam em plasmócitos produtores de anticorpos.

- **Linfócitos T** – Representam de 65-75% dos linfócitos do sangue. Seus precursores originam-se na medula óssea, penetram no sangue, são retidos no timo, onde proliferam e se diferenciam em linfócitos T que, novamente carregados pelo sangue, vão ocupar áreas definidas nos outros órgãos linfáticos. Há três tipos de linfócitos T: citotóxicos, auxiliadores e supressores.

  Linfócitos T citotóxicos (CD_8) – Reconhecem e destroem células que possuem na membrana plasmática moléculas proteicas estranhas, como também os vírus que têm, em suas cápsulas proteicas, moléculas estranhas ao corpo do indivíduo. Esses linfócitos são os principais responsáveis pela rejeição de órgãos transplantados e, por isso, eram conhecidos, anteriormente, como células rejeitadoras de enxertos. Agem diretamente sobre células estranhas, pela produção de proteínas chamadas perforinas, que abrem orifícios nas membranas plasmáticas, provocando a lise das células.

  Linfócitos T auxiliadores (T-*helper*, CD_4) – Reconhecem um antígeno (proteína estranha ao organismo) e estimulam os linfócitos B a se transformarem em plasmócitos, células produtoras de anticorpos. São esses os linfócitos atacados pelo vírus da Aids. Com isso, ficam prejudicados o reconhecimento de antígenos e a subsequente estimulação dos linfócitos B para a produção de anticorpos, tornando o indivíduo vulnerável a várias doenças.

  Linfócitos T supressores – Inibem a produção de anticorpos, quando estes já estão em concentração adequada ou já não são mais necessários.

Em conjunto, os linfócitos B e T são os principais responsáveis pela **imunidade (imunização)**, isto é, pela capacidade que tem o nosso organismo de

se defender e tornar-se resistente (imune) às doenças infecciosas, graças à produção de imunoglobulinas (anticorpos). A imunidade mediada pelos linfócitos B é chamada de imunidade humoral, enquanto a mediada pelos linfócitos T é a imunidade celular. O termo "humoral" provém do latim *humor*, que significa, originalmente, "fluido ou líquido corporal". Imunidade humoral é aquela mediada por anticorpos. A imunidade celular é mediada por células. Na imunidade celular, atuam os linfócitos T citotóxicos, que possuem, na membrana plasmática, proteínas que reconhecem e se ligam a células anormais ou infectadas por vírus, lançando sobre elas uma substância chamada perforina, que destrói a membrana plasmática.

Conforme os anticorpos sejam produzidos em nosso próprio organismo ou não, a imunidade pode ser ativa ou passiva. O quadro a seguir mostra esses tipos de imunidade:

Imunidade	
Ativa	Natural
	Artificial
Passiva	Natural
	Artificial

A imunidade é ativa quando o nosso próprio organismo reconhece o antígeno e passa a produzir anticorpos específicos contra ele. Esse tipo de imunidade é de longa duração, pois desenvolve a chamada memória imunológica (memória imunitária).

***Resposta imunitária** – Ao receber um antígeno, o organismo, após alguns dias, passa a liberar no plasma sanguíneo uma taxa do anticorpo específico. Essa é a chamada resposta imunitária primária. Uma segunda exposição ao mesmo antígeno eleva mais rapidamente a taxa do mesmo anticorpo no sangue. É a resposta imunitária secundária.*

Durante a resposta imunitária, todos os tipos de linfócitos multiplicam-se. Há dois mecanismos que atuam em sequência para estimular a multiplicação dos linfócitos: a) o reconhecimento das substâncias estranhas (antígenos) ao corpo; b) a estimulação dos linfócitos que realizam esse reconhecimento por proteínas especiais, as interleucinas, produzidas por macrófagos e por linfócitos T auxiliares.

Uma vez que um linfócito aprendeu a reconhecer o "inimigo", as interleucinas fazem com que ele se multiplique por mitose. Assim, todas as células oriundas de um linfócito que reconheceu determinado antígeno têm a capacidade de reconhecê-lo.

Os linfócitos continuam a se multiplicar enquanto houver antígenos capazes de ativá-los. À medida que os antígenos são destruídos e vão desaparecendo, o número de linfócitos especializados em combatê-los vai diminuindo.

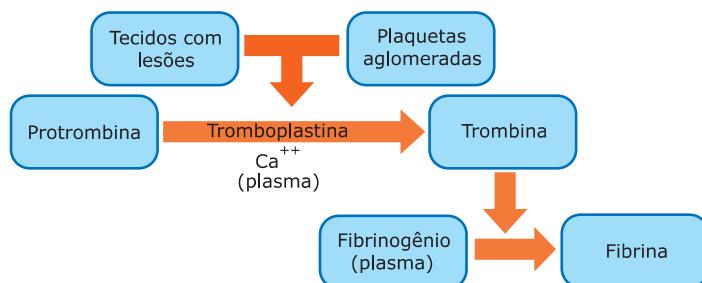
Mesmo após uma infecção ter sido debelada, resta no organismo certa quantidade de linfócitos especiais, as células de memória, que guardam durante anos, em geral, pelo resto da vida do organismo, a capacidade de reconhecer agentes infecciosos com os quais o organismo esteve em contato. Em caso de novo ataque, as células de memória são imediatamente ativadas e estimuladas a se reproduzir. Surge, então, em curto intervalo de tempo, um exército de células defensoras específicas.

- **Imunidade ativa natural** – Os antígenos penetram naturalmente em nosso organismo, através de diferentes vias (respiratórias, digestivas, urinárias, etc.), são reconhecidos como "estranhos" e, em seguida, passamos a produzir anticorpos específicos contra eles. Esse tipo de imunidade aparece, por exemplo, após o indivíduo ter, pela primeira vez, determinadas doenças infecciosas (sarampo, rubéola, caxumba, etc.). Geralmente, essas doenças só acometem o organismo uma única vez. Após ter essas doenças pela primeira vez, o nosso organismo torna-se resistente (imune) aos seus agentes causadores.

- **Imunidade ativa artificial** – Os antígenos são forçados a penetrar em nosso organismo, uma vez que são introduzidos através da aplicação de vacinas.

  As vacinas são medicamentos preventivos (profiláticos), contendo os próprios antígenos ou agentes infecciosos mortos (ou atenuados) que são introduzidos em nosso organismo, estimulando-o a produzir anticorpos.

  Os antígenos presentes na vacina desencadeiam, no organismo vacinado, uma resposta imune primária, em que há produção de células de memória. Após algum tempo, caso o organismo seja invadido pelos micro-organismos contra os quais foi imunizado, a resposta à infecção (resposta secundária) será rápida e os micro-organismos invasores serão prontamente destruídos antes mesmo de aparecerem sintomas da doença.

Quando recebemos anticorpos já prontos, elaborados por um outro organismo, a imunidade é passiva, é de curta duração e não desenvolve a memória imunológica.

- **Imunidade passiva natural** – Os anticorpos são recebidos do organismo materno na vida intrauterina, através da placenta, e após o nascimento, através da amamentação. Esses anticorpos recebidos da mãe, embora sejam de curta duração, protegem a criança durante os seus primeiros meses de vida contra uma série de infecções.
- **Imunidade passiva artificial** – Os anticorpos são recebidos através da aplicação de soros terapêuticos, que são medicamentos curativos, contendo altas concentrações de anticorpos contra determinado agente infeccioso.

O soro é preparado da seguinte maneira: injetam-se em um animal de grande porte, em geral cavalo, doses sucessivas e crescentes de um antígeno contra o qual se deseja obter anticorpos. A pequena quantidade de antígenos inicialmente injetada não chega a prejudicar o animal, mas é suficiente para estimular seu sistema imunitário a produzir anticorpos específicos contra o antígeno. À medida que doses progressivamente maiores do antígeno são injetadas no animal, acentua-se a resposta imunitária e o animal produz quantidades cada vez maiores de anticorpos específicos. Após certo tempo, o animal fica imunizado, contendo em seu sangue grande quantidade de anticorpos contra o tipo de antígeno injetado. Retiram-se, então, amostras de sangue do animal, de onde se extraem os anticorpos, com os quais se prepara o soro. Ao ser injetado no paciente, os anticorpos do soro reconhecem o antígeno que está desencadeando a doença, inativando-o prontamente.

A aplicação de soro é eficaz em casos de emergência, mas não confere imunidade permanente, pois a memória imunológica não é estimulada e os anticorpos injetados desaparecem da circulação em poucos dias.

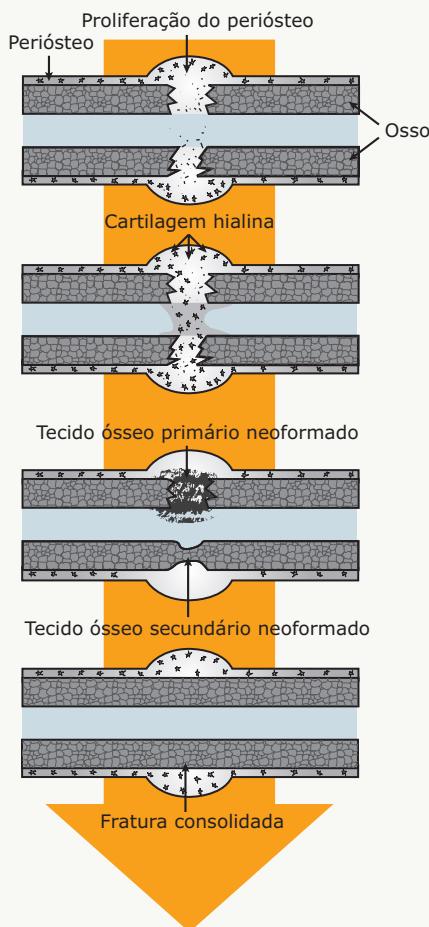
C) Plaquetas (trombócitos) – São fragmentos celulares sem núcleo, liberados por projeções citoplasmáticas de megacariócitos (um dos tipos de célula da medula óssea vermelha), que penetram nos capilares da medula. Seu número normal está compreendido numa faixa de 200 000 a 400 000/mm^3 de sangue. O aumento desse número é a trombocitose e a diminuição, a trombocitopenia. São menores do que as hemácias e possuem microvesículas contendo tromboplastina (tromboquinase), enzima que tem importante papel no mecanismo da coagulação sanguínea. Duram em média de 3 a 6 dias e sua função é dar início ao mecanismo da coagulação.

A coagulação sanguínea é uma série de reações químicas que tem por finalidade produzir uma emaranhada rede de uma proteína especial chamada fibrina. Essa série de reações é desencadeada nos locais de ruptura dos vasos sanguíneos, onde imediatamente se aglomeram as plaquetas. O mecanismo da coagulação sanguínea pode ser resumido da seguinte maneira:

Coagulação sanguínea – *Quando há lesão de um vaso sanguíneo, as plaquetas aderem às fibras colágenas das paredes do vaso lesado e, juntamente com os tecidos danificados, liberam uma enzima denominada tromboplastina ou tromboquinase. Na região liberada, a tromboplastina inativa a heparina e, juntamente com íons Ca^{++}, catalisa a transformação da* protrombina *em* trombina*. A protrombina é uma das proteínas do plasma sanguíneo. É produzida pelo fígado e lançada na corrente sanguínea. É uma proteína inativa e sua produção no fígado é catalisada pela vitamina K. A trombina (proteína ativa), uma vez formada, converte o fibrinogênio em fibrina. O fibrinogênio (proteína inativa) também é produzido no fígado e lançado na corrente sanguínea, onde passa a fazer parte do plasma. A fibrina é uma proteína insolúvel, fibrosa, cujos filamentos entrelaçados formam uma rede de malhas muito finas, a rede de fibrina. Os elementos figurados do sangue ficam, então, aprisionados nas malhas dessa rede, e o acúmulo deles forma o coágulo, estancando a hemorragia.*

> O volume normal de sangue no homem é de 70 a 100 mL por quilo, o que corresponde aproximadamente a 1/11 da massa corporal. Assim, uma pessoa com cerca de 70 kg possui de 5 a 6 litros de sangue.

Tecido linfático

O tecido linfático (linfa), assim como o sanguíneo, é formado por uma parte líquida, o plasma linfático, e por elementos figurados, constituídos de células.

- **Plasma linfático** – É semelhante ao plasma sanguíneo, sendo porém mais diluído em virtude de apresentar uma menor concentração de proteínas.
- **Elementos figurados da linfa** – Estão representados basicamente por linfócitos (95%) e alguns leucócitos granulócitos. Hemácias, monócitos e plaquetas normalmente não ocorrem na linfa.

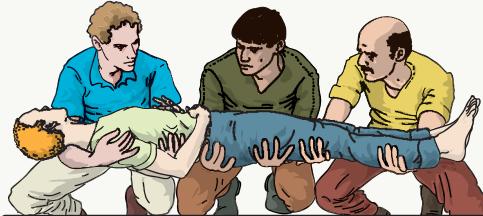
LEITURA COMPLEMENTAR

Fraturas ósseas

As fraturas ósseas podem ser de dois tipos: fechada e exposta. Fechada quando há rompimento ósseo e a pele permanece íntegra; exposta, se ocorrer ruptura da pele. Nas duas situações, ocorrem: hemorragia local, pela lesão dos vasos sanguíneos do osso, destruição da matriz e morte de células ósseas junto ao local fraturado.

Quando fraturados, os ossos apresentam alta capacidade de regeneração graças às células do periósteo e do endósteo. Primeiramente, o coágulo sanguíneo e os restos celulares e da matriz são removidos pelos macrófagos. Em seguida, células do periósteo e do endósteo, próximos à área fraturada, respondem com uma intensa proliferação, formando um colar (anel) conjuntivo em torno da fratura e também penetrando no espaço compreendido entre as extremidades rompidas do osso. Nesse local, também há formação de pequenos fragmentos de cartilagem hialina. A partir desses fragmentos de cartilagem hialina e do anel conjuntivo, ocorre o processo de ossificação, formando inicialmente um tecido ósseo primário que constitui o chamado calo ósseo. Esse calo ósseo une as extremidades do osso fraturado. Pouco a pouco, o tecido primário do calo ósseo vai sendo remodelado e substituído por tecido ósseo secundário (lamelar), até que a estrutura do osso seja totalmente refeita.

Havendo suspeita de uma fratura óssea, até que o acidentado chegue a um hospital ou pronto-socorro, a primeira providência é imobilizar a parte afetada. Além de impedir o desalinhamento dos ossos, a imobilização também reduz a dor e o inchaço. Não tente colocar o osso no lugar. Caso seja possível, aplique bolsa de gelo no local. O gelo atua como anti-inflamatório, ajudando a reduzir o inchaço e a dor. Entretanto, é bom lembrar que, quando aplicado por muito tempo, o gelo pode danificar os tecidos e também causar dor. Assim, quando o local ficar muito gelado e dolorido, retire o gelo por alguns minutos.

A ilustração a seguir mostra como se pode improvisar uma imobilização.

Imobilização *– Faça uma tala usando um pedaço de madeira ou metal, papelão, revista ou jornal enrolado, etc. e, com cuidado para não apertar demais, amarre-a com ataduras de pano, que podem inclusive ser feitas com pedaços de roupas rasgadas.*

Nos casos de suspeita de lesão da coluna vertebral, nunca remova a vítima antes de imobilizá-la. A movimentação das vértebras pode danificar a medula nervosa, causando lesões ainda mais graves, como a paralisia irreversível dos membros e do tronco. Nesses casos, o melhor procedimento é procurar acalmar e conversar com a vítima até a chegada do SAMU ou dos bombeiros. Na impossibilidade desse tipo de socorro, você pode improvisar, como mostra a ilustração a seguir, uma imobilização para transportar o acidentado até o hospital mais próximo.

Imobilização da coluna – *Com um material de superfície lisa e dura (uma porta ou uma chapa metálica, por exemplo), improvise uma maca, colocando-a no chão, ao lado da vítima. Pelo menos 2 ou 3 socorristas devem se ajoelhar ao lado da pessoa acidentada e, com cuidado, passar os braços com as mãos estendidas sob seu corpo, apoiando a cabeça, os ombros, as costas, as nádegas, as coxas e as pernas da vítima. Em seguida, todos os socorristas, ao mesmo tempo, devem erguer a vítima (com o corpo alinhado) a uma altura suficiente apenas para transferi-la para a maca com o máximo cuidado. O corpo deve ser preso à maca com tiras de pano, na altura da testa, dos ombros, da bacia e das pernas, para restringir os movimentos durante o transporte para o hospital.*

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC Minas) O termo condroplasto designa

A) células definitivas da cartilagem.
B) células formadoras da cartilagem.
C) fibras elásticas da cartilagem.
D) lacunas do tecido cartilaginoso.
E) substância intersticial da cartilagem.

02. (FUVEST-SP) Além da sustentação do corpo, são funções dos ossos

A) armazenar cálcio e fósforo; produzir hemácias e leucócitos.
B) armazenar cálcio e fósforo; produzir glicogênio.
C) armazenar glicogênio; produzir hemácias e leucócitos.
D) armazenar vitaminas; produzir hemácias e leucócitos.
E) armazenar vitaminas; produzir proteínas do plasma.

03. (UFMG) Analise as seguintes proposições:

I. Célula relacionada com a defesa do organismo mais pela produção de anticorpos do que pela fagocitose.
II. Proteína capaz de combinar-se com o oxigênio e transportá-lo a todas as células do corpo.
III. Elemento figurado do sangue, envolvido com o processo de coagulação.

Assinale a alternativa em que os componentes do sangue humano correspondem aos itens anteriores.

	I	II	III
A)	Linfócito	hemoglobina	plaqueta
B)	Neutrófilo	hemácia	plasma
C)	Linfócito	hemácia	plasma
D)	Neutrófilo	hemoglobina	plaqueta
E)	Eosinófilo	hemoglobina	soro

04. (UFOP-MG) Os glóbulos brancos podem atravessar os vasos sanguíneos, onde circulam, e ir aos tecidos combater as infecções. Esse processo de saída é denominado

A) diapedese.
B) difusão.
C) fagocitose.
D) osmose.
E) pinocitose.

05. (PUC Minas) Tendo em vista o processo imunológico, a correlação está **FALSA** em:

A) Imunidade causada por doença — Ativa natural.
B) Imunidade causada por soro terapêutico — Passiva artificial.
C) Imunidade causada por soro antiofídico — Ativa artificial.
D) Imunidade causada pelo organismo materno — Passiva natural.
E) Imunidade causada por vacina — Ativa artificial.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (FCMMG)

A remodelagem dos ossos

Apesar de o osso ser um órgão duro e resistente, ele é capaz de remodelar sua estrutura interna em resposta a modificações nas forças a que está submetido.

O uso de aparelhos ortodônticos é um exemplo de remodelação dos ossos, neste caso, da arcada dentária [...]

Os aparelhos ortodônticos exercem forças diferentes daquelas a que os dentes estão naturalmente submetidos, permitindo, assim, que os dentes se movam e ocupem uma posição desejada. Para que isso ocorra, é necessário, **EXCETO**

A) ação de osteoclastos e osteoblastos.

B) reabsorção óssea nos pontos em que há maior pressão exercida pelo aparelho.

C) reabsorção óssea para formação de cartilagem que se transformará em osso.

D) deposição de matriz óssea nos pontos de menor pressão exercida pelo aparelho.

02. (UFRGS) Deixando-se um osso de galinha imerso numa solução fraca de ácido clorídrico, depois de três dias, ao retirá-lo, constata-se que ele

A) adquire maior consistência, porque o ácido clorídrico reage com o cálcio do osso, formando cloreto de cálcio, que se solidifica.

B) permanece totalmente escuro pela deposição de uma camada de cloreto de cálcio.

C) se reveste de uma membrana fibrosa de osseína.

D) se torna flexível, porque o $HC\ell$ destrói os sais de cálcio.

E) se destrói completamente, corroído pelo ácido.

03. (PUC-SP) As trocas nutritivas entre o sangue e os osteócitos se processam

A) através da imensa rede de canalículos que ligam os osteoplastos aos canais de Havers e de Volkmann.

B) através da vasta massa de substância intersticial rica em colágeno e sais de cálcio.

C) através dos vasos capilares que chegam ao interior dos osteoplastos.

D) à custa dos movimentos ameboides dos macrófagos que intermedeiam essas trocas.

E) por difusão direta e pelo transporte ativo através do periósteo que envolve o osso.

04. (UFMG) O esquema representa um fragmento de tecido muito característico por sua consistência e constituição química.

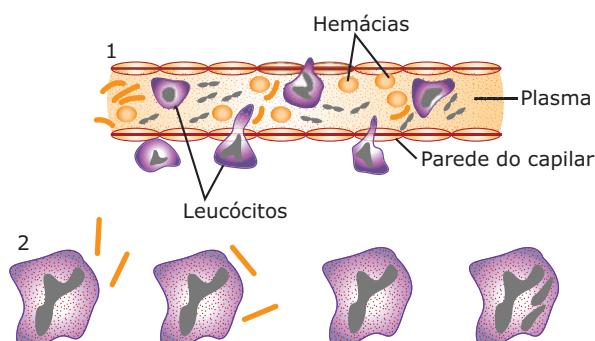
Com relação ao tecido representado, todas as afirmativas estão corretas, **EXCETO**

A) Esse tecido, nos cordados vertebrados, tem origem endodérmica.

B) Íons como Ca^{++} são armazenados nesse tecido.

C) A vitamina D atua essencialmente nesse tecido.

D) A hematopoiese ocorre dentro de cavidades delimitadas por esse tecido.

E) O tecido participa do sistema de sustentação em vertebrados.

05. (FCMMG) Um radiologista constatou, em seus exames por raios X, que havia uma fratura na tíbia de um garoto de oito anos. Com a visão da radiografia e o estudo radiológico, o ortopedista imobilizou o membro inferior do paciente com uma bota de gesso e a retirou após 30 dias. Novo estudo radiológico constatou que não havia mais sinais da fratura, estando o osso íntegro e normal. Os profissionais assim agiram por entender que o tecido ósseo, mesmo sendo mineralizado, é capaz de

A) fabricar uma cola proteica e unir os segmentos ósseos.

B) produzir um cimento rico em cálcio e soldar os fragmentos do osso fraturado.

C) sintetizar fibras reticulares e elásticas e amarrar definitivamente os segmentos distanciados pela fratura.

D) produzir novas células, a partir de outras pré-existentes, e regenerar as partes lesadas.

06. (UFMG) O transporte de CO_2 no sangue dos vertebrados é feito, principalmente, sob a forma de

A) carboemoglobina.

B) carboxiemoglobina.

C) íons HCO_3^-, pela ação da anidrase carbônica.

D) oxiemoglobina.

E) moléculas dissolvidas no plasma.

07. (UFMG) Tendo em vista propriedades dos leucócitos, que alternativa indica os fenômenos representados respectivamente nos desenhos (1) e (2)?

A) Fagocitose e difusão
B) Difusão e pinocitose
C) Pinocitose e fagocitose
D) Diapedese e fagocitose
E) Diapedese e difusão

08. (UFJF-MG) Ocorrendo infecção, o organismo reage aumentando a quantidade de

A) hemácias.
B) leucócitos.
C) plaquetas.
D) plasma.
E) oxigênio.

09. (UFMG) Este quadro refere-se ao número de células sanguíneas, expresso em células/mm³ de sangue, encontradas nos exames de sangue de um indivíduo normal e de um indivíduo doente.

Células sanguíneas		Indivíduo normal	Indivíduo doente
Hemácias		4 500 000	4 800 000
Plaquetas		250 000	100 000
Leucócitos	Totais	8 000	15 000
	Neutrófilos (%)	4 800 (60%)	12 000 (80%)
	Basófilos (%)	80 (1%)	150 (1%)
	Eosinófilos (%)	240 (3%)	1 050 (7%)
	Linfócitos (%)	2 320 (29%)	1 500 (10%)
	Monócitos (%)	560 (7%)	300 (2%)

Entre as possíveis alterações apresentadas pelo indivíduo doente, **NÃO** se inclui

A) alergia.
B) anemia.
C) distúrbios de coagulação.
D) infecção.

10. (PUC Minas) O mecanismo da coagulação depende fundamentalmente de quatro substâncias: fibrinogênio, protrombina, cálcio e tromboplastina. Quando ocorre uma hemorragia, desencadeia-se uma série de eventos na seguinte ordem:

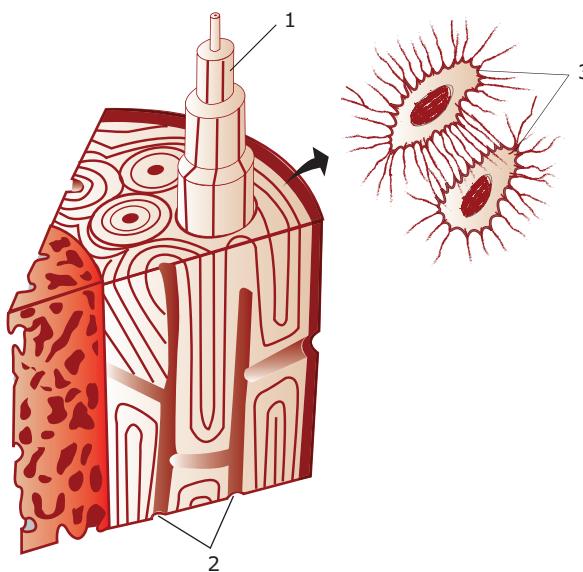
A) Fibrinogênio $\xrightarrow{\text{tromboplastina}}$ trombina
protrombina $\xrightarrow{\text{trombina + Ca}^{++}}$ fibrina

B) Trombina $\xrightarrow{\text{tromboplastina + Ca}^{++}}$ fibrinogênio
fibrinogênio $\xrightarrow{\text{Ca}^{++}\text{ + vitamina K}}$ fibrina

C) Protrombina $\xrightarrow{\text{tromboplastina + Ca}^{++}}$ trombina
fibrinogênio $\xrightarrow{\text{trombina}}$ fibrina

D) Tromboplastina $\xrightarrow{\text{protrombina}}$ trombina
fibrinogênio $\xrightarrow{\text{trombina}}$ fibrina

E) Fibrina $\xrightarrow{\text{tromboplastina + Ca}^{++}}$ fibrinogênio
protrombina $\xrightarrow{\text{fibrinogênio}}$ trombina

11. (UFMG) Em relação aos soros ou às vacinas, pode-se afirmar que

A) os soros são usados em casos de urgência, porque contêm antígenos atenuados.
B) as vacinas protegem os indivíduos contra micro-organismos, estimulando a produção de antígenos.
C) o uso frequente de vacinas faz com que as bactérias produzam anticorpos, tornando-se resistentes a seu efeito.
D) os soros são proteínas obtidas a partir dos agentes patogênicos.
E) as vacinas induzem a formação de anticorpos específicos a cada tipo de antígeno.

12. (UFOP-MG) Os habitantes de regiões de grandes altitudes possuem maior número de eritrócitos do que aqueles que vivem no nível do mar. Assinale a alternativa que **MELHOR** explica esse fenômeno.

A) A falta de plantas que realizem fotossíntese nas grandes altitudes.
B) Aumento da atividade da medula óssea em virtude das altas temperaturas.
C) O uso de alimentos que estimulam a produção de eritrócitos.
D) A proximidade com a camada de ozônio, o que acarreta maior concentração deste no ar.
E) O baixo teor de oxigênio no ar.

13. (PUC Rio–2011) Algumas doenças são consideradas como autoimunes porque as pessoas que as possuem

A) não são capazes de produzir anticorpos.

B) produzem anticorpos contra medicamentos.

C) produzem poucos glóbulos brancos e vermelhos.

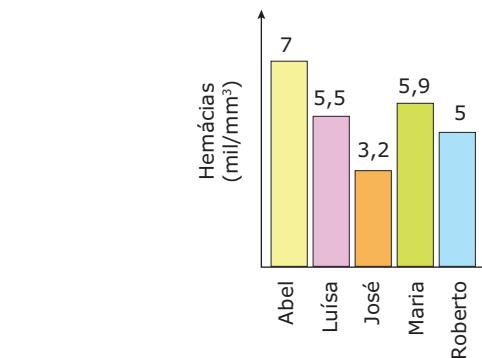
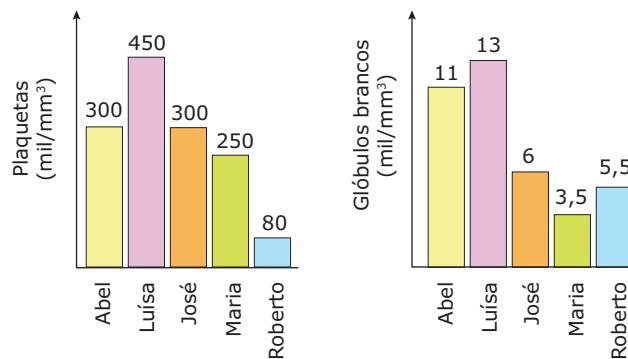
D) produzem anticorpos contra as próprias partes de seu corpo.

E) não podem receber transfusão sanguínea de nenhum doador.

14. (UFJF-MG) Em uma aula prática de Biologia, algumas lâminas numeradas perderam suas identificações. Essas identificações continham desenhos esquemáticos mostrando aspectos histológicos característicos de alguns tecidos. Os desenhos que acompanhavam as lâminas estão representados a seguir. Baseando-se neles, forneça as informações pedidas:

A) **IDENTIFIQUE** as estruturas 1, 2 e 3.

B) A qual tecido pertencem as estruturas 1, 2 e 3?

C) Qual a função da estrutura indicada por 1?

15. (UFRJ) Além do uso de anabólicos e de outros produtos, existe uma forma "natural", adotada por alguns atletas, para melhorar o desempenho. Esse processo é chamado *dopping* de sangue e consiste no seguinte: aproximadamente uma ou duas semanas antes da competição, certa quantidade do sangue do atleta é retirada e armazenada. À época da competição, através de uma transfusão, ele recebe seu sangue de volta. **EXPLIQUE** como esse procedimento favorece o desempenho do atleta.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2001) O hemograma é um exame laboratorial que informa o número de hemácias, glóbulos brancos e plaquetas presentes no sangue. A tabela apresenta os valores considerados normais para adultos.

Valores normais para adultos
Hemácias: 4,5 a 5,9 milhões/mm³
Glóbulos brancos: 5 a 10 mil/mm³
Plaquetas: 200 a 400 mil/mm³

Os gráficos a seguir mostram os resultados do hemograma de 5 estudantes adultos. Todos os resultados são expressos em número de elementos por mm³ de sangue.

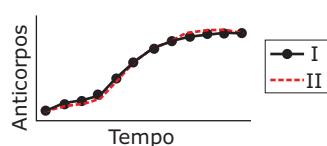
Podem estar ocorrendo deficiência no sistema de defesa do organismo, prejuízo no transporte de gases respiratórios e alterações no processo de coagulação sanguínea, respectivamente, com os estudantes

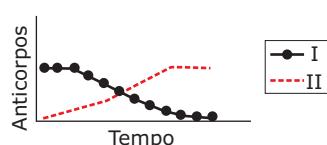
A) Maria, José e Roberto.

B) Roberto, José e Abel.

C) Maria, Luísa e Roberto.

D) Roberto, Maria e Luísa.

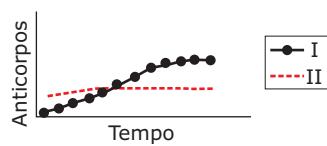
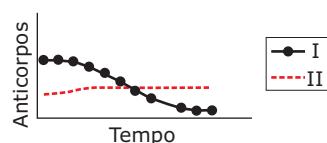
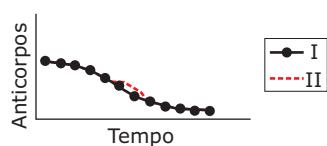
E) Luísa, Roberto e Abel.

02. (Enem–1999) A variação da quantidade de anticorpos específicos foi medida por meio de uma experiência controlada, em duas crianças, durante um certo período de tempo. Para a imunização de cada uma das crianças, foram utilizados dois procedimentos diferentes:

Criança I: aplicação de soro imune

Criança II: vacinação

O gráfico que melhor representa as taxas de variação da quantidade de anticorpos nas crianças I e II é

A)

B)

Anticorpos
Tempo
I
II

C)

D)

E)

03. (Enem–2010) A vacina, o soro e os antibióticos submetem os organismos a processos biológicos diferentes. Pessoas que viajam para regiões em que ocorrem altas incidências de febre amarela, de picadas de cobras peçonhentas e de leptospirose e querem evitar ou tratar problemas de saúde relacionados a essas ocorrências devem seguir determinadas orientações.

Ao procurar um posto de saúde, um viajante deveria ser orientado por um médico a tomar preventivamente ou como medida de tratamento

A) antibiótico contra o vírus da febre amarela, soro antiofídico caso seja picado por uma cobra e vacina contra a leptospirose.

B) vacina contra o vírus da febre amarela, soro antiofídico caso seja picado por uma cobra e antibiótico caso entre em contato com a *Leptospira sp*.

C) soro contra o vírus da febre amarela, antibiótico caso seja picado por uma cobra e soro contra toxinas bacterianas.

D) antibiótico ou soro, tanto contra o vírus da febre amarela como para veneno de cobras, e vacina contra a leptospirose.

E) soro antiofídico e antibiótico contra a *Leptospira sp* e vacina contra a febre amarela caso entre em contato com o vírus causador da doença.

GABARITO

Fixação

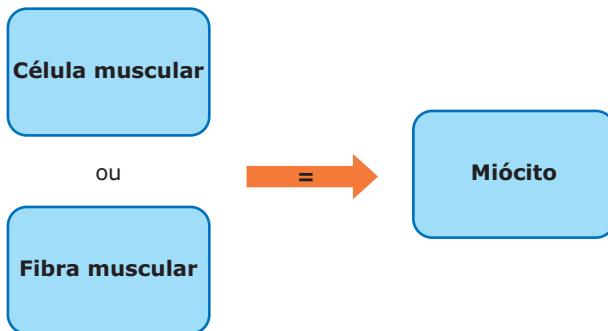
01. D
02. A
03. A
04. A
05. C

Propostos

01. C
02. D
03. A
04. A
05. D
06. C
07. D
08. B
09. B
10. C
11. E
12. E
13. D
14. A) 1: Sistema de Havers ou ósteon; 2: Canal de Havers ou canal central; 3: Osteócitos.
    B) Tecido ósseo.
    C) O sistema de Havers permite que os nutrientes e o oxigênio sejam transportados até os osteócitos por meio dos canais que são percorridos por nervos e por vasos sanguíneos.
15. Esse procedimento aumenta provisoriamente o número de hemácias do sangue, o que permite maior eficiência no transporte de oxigênio. Assim, os músculos recebem mais oxigênio, melhorando a atividade muscular do atleta.

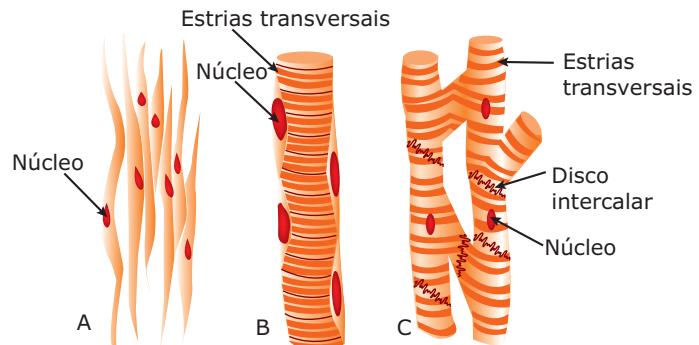
Seção Enem

01. A
02. B
03. B

BIOLOGIA

MÓDULO 04 FRENTE B

Histologia animal: tecido muscular

O tecido muscular é formado por células alongadas, fusiformes (com extremidades afiladas) ou cilíndricas, denominadas miócitos ou fibras musculares, altamente especializadas em realizar contração, proporcionando, assim, os movimentos corporais.

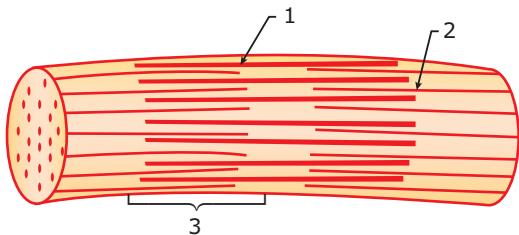
As células musculares são tão diferenciadas e têm características tão peculiares que alguns de seus componentes receberam nomes especiais. A membrana plasmática pode ser chamada de sarcolema; o citoplasma (com exceção das miofibrilas), de sarcoplasma; o retículo endoplasmático, de retículo sarcoplasmático; e os mitocôndrios, de sarcossomos.

A célula muscular tem em seu citoplasma filamentos proteicos, denominados miofibrilas, constituídos principalmente de duas variedades de proteínas contráteis: actina e miosina. Entre as miofibrilas de actina e de miosina, encontram-se o retículo endoplasmático e as mitocôndrias. Resumidamente, a contração muscular é resultado do deslizamento dos filamentos de actina (mais finos) sobre os filamentos de miosina (mais grossos).

No citoplasma da célula muscular, podemos encontrar também uma proteína, de estrutura e propriedades semelhantes às da hemoglobina, denominada mioglobina. Essa proteína contém ferro e dá uma coloração avermelhada ao tecido. É capaz de se ligar ao gás oxigênio, funcionando, portanto, como um reservatório de O_2 para a atividade muscular.

CLASSIFICAÇÃO

O tecido muscular apresenta as seguintes variedades:

- Estriado esquelético
- Estriado cardíaco
- Não estriado (liso)

A. *Tecido muscular não estriado (liso);* ***B.*** *Tecido muscular estriado esquelético;* ***C.*** *Tecido muscular estriado cardíaco*

Tecido muscular estriado esquelético

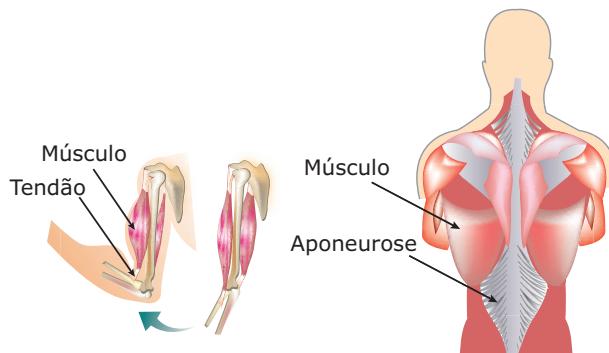
Formado por células cilíndricas muito longas (podem chegar a 30 cm de comprimento, embora o diâmetro seja microscópico), multinucleadas (polinucleadas), com núcleos periféricos.

A fibra muscular estriada esquelética surge da reunião de várias células mononucleares durante a formação embrionária. Por isso é considerada um sincício. Entretanto, durante o desenvolvimento do indivíduo, com o seu crescimento, as fibras musculares estriadas esqueléticas alongam-se. Para suprir funcionalmente o longo sarcoplasma que se distende, os núcleos se dividem e novos núcleos se formam acompanhando o alongamento da fibra (célula). Assim, a fibra muscular estriada esquelética passa a ser considerada como um plasmódio. Podemos dizer, então, que inicialmente ela é um sincício e, depois, um plasmódio.

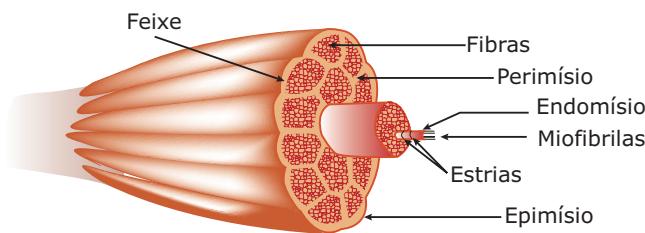
Através da microscopia eletrônica, constatou-se que o sarcolema (membrana plasmática) da fibra muscular estriada esquelética sofre invaginações, formando uma complexa estrutura de túbulos (sistema T) que envolvem as miofibrilas. Esses túbulos, assim como os canalículos do retículo endoplasmático, participam ativamente da troca de íons cálcio com o hialoplasma durante o mecanismo da contração muscular.

Em microscopia, a fibra estriada esquelética também mostra uma intercalação de faixas claras e escuras, conferindo à célula um aspecto estriado, o que justifica sua denominação. Tais faixas são resultantes da organização dos feixes das miofibrilas de actina e miosina que formam as chamadas estrias transversais.

Diagrama do segmento de uma das numerosíssimas miofibrilas que ocorrem paralelamente ao maior eixo da fibra muscular estriada. (1) *miofibrila de miosina;* ***(2)*** *miofibrila de actina.*

O glicogênio, depositado sob a forma de grânulos, é abundante no sarcoplasma dessas células. Esse glicogênio funciona como depósito de energia, que é mobilizada durante a contração muscular.

As fibras musculares esqueléticas são de contração voluntária e, de acordo com sua estrutura e com uma composição bioquímica, podem ser classificadas em dois tipos: lentas e rápidas.

A) **Fibras lentas** – Possuem muitas moléculas de mioglobina, muitas mitocôndrias e são bem supridas de vasos sanguíneos. Têm coloração vermelho-escura. São altamente resistentes à fadiga. Como têm reservas substanciais de combustível (glicogênio e lipídios), suas mitocôndrias abundantes podem manter uma produção constante e prolongada de ATP, se o oxigênio estiver disponível. Assim, obtêm energia para contração principalmente por meio da respiração aeróbia, oxidando carboidratos e ácidos graxos. Essas fibras são adaptadas para contrações lentas e continuadas. Dessa forma, os músculos que têm elevadas proporções desse tipo de fibra são bons para o trabalho aeróbico de longa duração (isto é, trabalho que requer muito oxigênio). Os atletas que correm grandes distâncias, os esquiadores, os nadadores e os ciclistas têm os músculos do braço e das pernas constituídos em sua maior parte por fibras musculares esqueléticas desse tipo.

B) **Fibras rápidas** – Possuem pouca mioglobina, poucas mitocôndrias e poucos vasos sanguíneos. Têm cor vermelho-clara. Obtêm energia para a contração quase que exclusivamente por fermentação, a partir da glicose e do glicogênio. Por isso, tornam-se fatigadas rapidamente. Adaptadas para contrações rápidas e descontínuas (ou de curta duração), essas fibras são especialmente boas para um trabalho de curta duração que requer força máxima. Os campeões de levantamento de peso e os corredores de pequenas distâncias têm elevadas proporções dessas fibras nos músculos das pernas e dos braços.

Nos seres humanos, os músculos esqueléticos apresentam proporções diferentes dos dois tipos de fibras. A herança genética é o principal fator determinante da proporção de fibras de contração rápida e contração lenta em nossos músculos esqueléticos. Assim, existe alguma verdade quando se afirma que se nasce campeão para um determinado tipo de esporte. De certa forma, entretanto, podemos alterar as propriedades das fibras musculares esqueléticas com o treinamento aeróbico. Com o treinamento aeróbico, a capacidade oxidativa das fibras de contração rápida pode melhorar substancialmente. Mas uma pessoa que nasce com uma proporção elevada de fibras de contração rápida, provavelmente, não irá se transformar em um campeão corredor de maratona, assim como uma pessoa que nasce com uma proporção elevada de fibras de contração lenta dificilmente se transformará em um campeão de corrida de curta distância.

O tecido muscular estriado esquelético é o tecido que ocupa maior volume no corpo e, popularmente, é conhecido por carne; forma os chamados músculos esqueléticos, assim denominados por se acharem ligados aos ossos. Essa ligação pode ser feita por meio de tendões ou de aponeuroses.

Tendões e aponeuroses – *São estruturas esbranquiçadas, muito resistentes, constituídas por tecido conjuntivo denso, rico em fibras colágenas. Os tendões são cilindroides ou, então, têm forma de fita, enquanto as aponeuroses são laminares.*

Um músculo esquelético é um conjunto de feixes musculares. Um feixe muscular, por sua vez, é um conjunto de fibras musculares. O músculo esquelético, o feixe muscular e a fibra muscular esquelética estão envolvidos, respectivamente, pelas películas epimísio, perimísio e endomísio. O endomísio é uma fina camada de fibras reticulares que envolvem a fibra muscular; o perimísio é uma camada mais espessa de fibras reticulares e colágenas que envolvem o feixe muscular; o epimísio é uma resistente membrana de tecido conjuntivo denso não modelado que envolve o músculo.

Músculo estriado esquelético em corte transversal – *Desenho esquemático mostrando a estrutura do músculo estriado esquelético. Observe que o músculo é completamente envolvido pelo tecido conjuntivo do epimísio. Deste, partem os septos do perimísio. Finalmente, vemos o endomísio, que envolve cada fibra muscular. Observe ainda que cada fibra muscular tem diversas estriações transversais, e que seu citoplasma é carregado de miofibrilas.*

Tecido muscular estriado cardíaco

É formado por células alongadas, cilíndricas, cujas extremidades se encaixam, o que faz parecer que uma dá continuidade à outra. Muitas dessas células se anastomosam irregularmente, isto é, ligam-se uma à outra por meio de ramificações.

Suas células geralmente são mononucleadas (raramente possuem dois núcleos) com os núcleos ocupando posição central. Entre uma fibra (célula) e outra, verifica-se a presença dos discos intercalares (antigamente denominados de "traços escalariformes"), que são regiões das membranas plasmáticas que determinam o limite entre as células. Correspondem, portanto, ao ponto de contato da extremidade de uma célula com a extremidade da outra. O estudo dos discos intercalares em microscopia eletrônica mostrou que eles são áreas especializadas em manter a coesão (união) entre as células musculares cardíacas.

As fibras cardíacas, à semelhança das esqueléticas, também apresentam estrias transversais, resultantes da organização dos feixes de miofibrilas, de actina e de miosina. Apresentam coloração vermelha e têm contração rápida e involuntária.

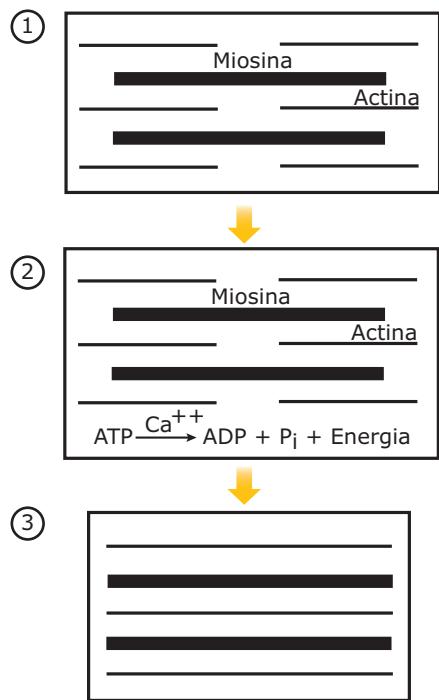
O tecido muscular estriado cardíaco forma o miocárdio (músculo do coração). O miocárdio é um músculo que independe do sistema nervoso central para sua contração, uma vez que possui automatismo próprio, ou seja, ele mesmo gera estímulos de natureza elétrica para sua contração, em uma região chamada de nódulo sinoatrial (marcapasso), localizada na parte superior direita do coração.

Tecido muscular liso

Formado por células fusiformes, mononucleadas, cujos núcleos ocupam posição central.

As células são pobres em mitocôndrias e em glicogênio, não possuem sistema T e o retículo sarcoplasmático é reduzido.

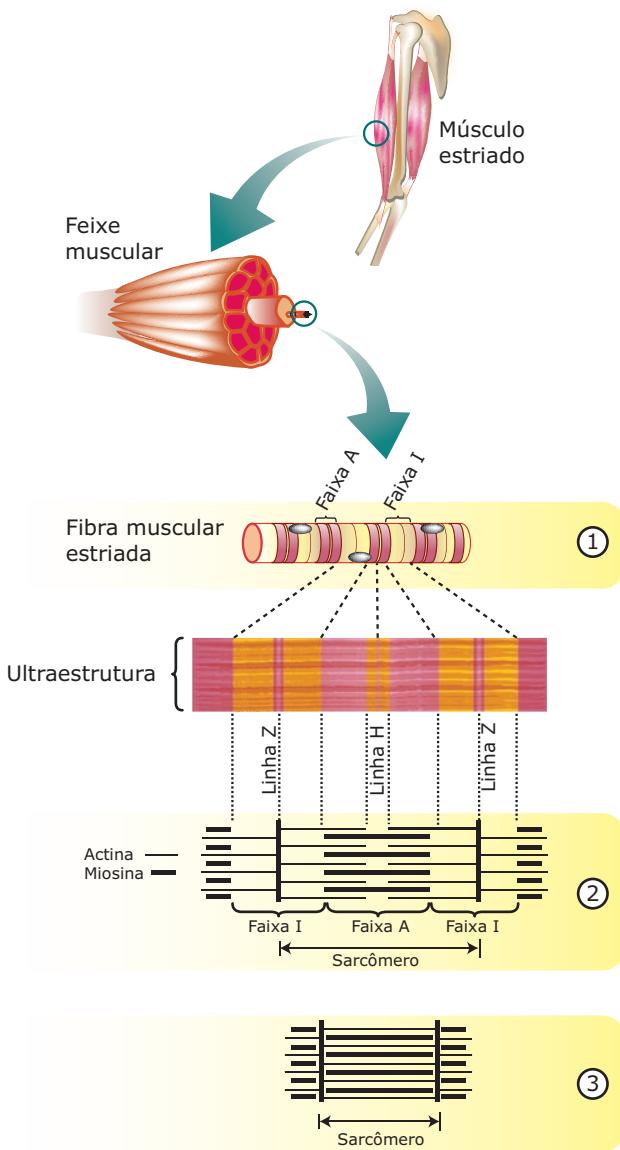
Suas miofibrilas de miosina e de actina são muito delgadas, o que explica o fato de serem pouco visíveis. Tais miofibrilas não se dispõem em feixes transversais, o que, por sua vez, explica a ausência de estrias transversais nessas células.

Apresentam coloração esbranquiçada (pouca ou nenhuma mioglobina) e contração lenta e involuntária, isto é, independente da vontade do indivíduo. A contração da musculatura lisa está sob o comando do SNA (Sistema Nervoso Autônomo).

Suas fibras (células) se reúnem, dispostas paralelamente, formando feixes. Esses feixes constituem os chamados músculos lisos ou musculatura lisa. A musculatura lisa é encontrada nas paredes dos vasos sanguíneos (artérias, veias), do tubo digestório (esôfago, estômago, intestinos), da bexiga, das tubas uterinas (trompas de Falópio), do útero, etc. Os movimentos peristálticos (peristaltismos) do tubo digestório e das tubas uterinas, bem como a contração da bexiga e do útero, decorrem da atividade da musculatura lisa existente nesses órgãos.

No caso da bexiga, sua musculatura é lisa e, portanto, a sua contração é involuntária. Contudo, existe um esfíncter (músculo em forma de anel) de músculo estriado na saída do órgão, denominado esfíncter vesical, de contração voluntária, o qual controla a liberação da urina. A micção ocorre quando o esfíncter relaxa (pela vontade do indivíduo), e a bexiga, que já estava contraída, é auxiliada pela contração dos músculos abdominais.

Pelo fato de estar presente em órgãos viscerais (estômago, intestinos, útero, etc.), o tecido muscular liso também é chamado de tecido muscular visceral.

CONTRAÇÃO MUSCULAR

O mecanismo da contração muscular é bastante complexo, envolvendo uma inter-relação de fenômenos físicos e químicos que requerem gasto de energia. Tal mecanismo pode ser resumido, de forma bastante simplificada, da seguinte maneira:

__1.__ Quando recebem o estímulo para a contração, o retículo sarcoplasmático e o sistema T das fibras estriadas liberam íons de Ca^{++} para o hialoplasma. Nas fibras lisas, os íons de cálcio não ficam armazenados no retículo sarcoplasmático, como acontece nas fibras estriadas. Na fibra lisa, esses íons são armazenados em vesículas no sarcoplasma, sendo liberados frente ao recebimento do estímulo; __2.__ Em presença desses íons, a miosina adquire uma propriedade ATPásica, desdobrando o ATP em ADP + P_i (fosfato inorgânico) e liberando energia;

$$ATP \xrightarrow[Ca^{++}]{Miosina} ADP + P_i + Energia$$

__3.__ A energia liberada é utilizada no ciclo da contração em que há o encurtamento da fibra muscular. Durante a contração, os filamentos de actina e de miosina conservam seus comprimentos originais, havendo, porém, o deslizamento dos filamentos mais finos (actina) sobre os mais grossos (miosina). É a chamada teoria dos filamentos deslizantes da contração muscular.

Nas fibras estriadas, esse mecanismo de contração é realizado simultaneamente por diversas unidades de contração, chamadas miômeros (sarcômeros).

Conforme já vimos, nas fibras musculares estriadas, as miofibrilas de actina e de miosina se organizam em feixes que formam um intercalamento de faixas claras e escuras. As faixas claras são denominadas faixas, bandas ou discos I (isotrópicas), e as faixas escuras, faixas, bandas ou discos A (anisotrópicas). Os termos isótropica e anisotrópica são relativos às propriedades ópticas das duas diferentes proteínas. As faixas I apresentam no seu centro uma linha mais escura, denominada linha Z, enquanto as faixas A têm, na região central, uma zona mais clara, conhecida por banda ou zona H.

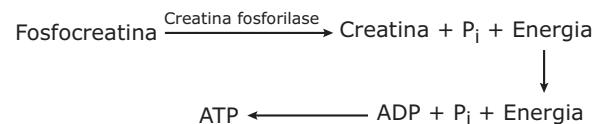
__1.__ Fibra muscular, mostrando as faixas A e as faixas I. No meio de cada faixa I, há uma linha Z. No meio de cada faixa A, existe uma linha H; __2.__ O sarcômero relaxado; __3.__ O sarcômero contraído.

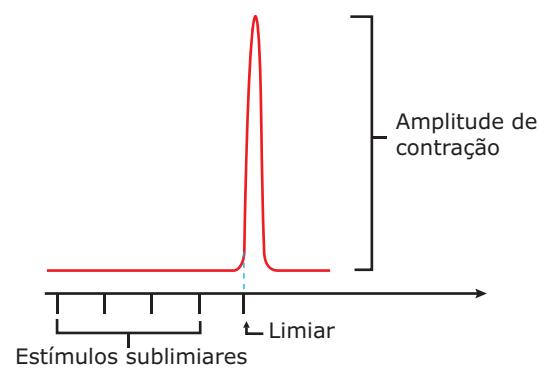
As faixas I (mais claras) correspondem às regiões de superposição de segmentos dos filamentos de actina, e as faixas A (mais escuras), às regiões de superposição de segmentos dos filamentos de actina e de filamentos de miosina. Na fibra descontraída, há, no meio da faixa A, uma região formada apenas pela superposição de segmentos dos filamentos de miosina: é a zona H. As linhas Z são filamentos constituídos principalmente pela proteína tropomiosina e nelas se prendem os filamentos de actina. O espaço entre duas linhas Z consecutivas denomina-se sarcômero. O sarcômero é a menor porção da fibra estriada capaz de sofrer contração e, por isso, é definido como a unidade contrátil ou funcional da fibra muscular estriada. Quando o sarcômero se contrai, os filamentos de actina deslizam sobre os de miosina. Com isso, as linhas Z se aproximam mais uma da outra, as faixas I diminuem (podendo mesmo desaparecer), a faixa A permanece com a mesma espessura e a zona H diminui, podendo até desaparecer.

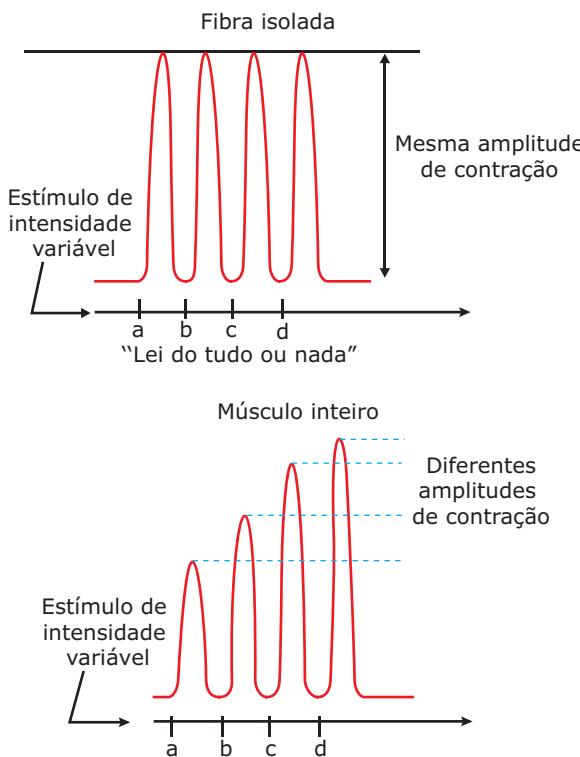
A contração de todos os miômeros de uma fibra ao mesmo tempo, evidentemente, determinará a contração de toda a fibra muscular. Se todas as fibras que constituem o músculo também assim o fizerem, haverá contração do músculo por inteiro.

O músculo esquelético nunca fica completamente relaxado. Nele, algumas fibras estão sempre sendo estimuladas e se contraindo, mesmo quando o corpo está em repouso. Esse estado de contração parcial ou semicontração é conhecido como tônus muscular, que, além de manter a firmeza dos músculos, tem uma importância muito grande na manutenção da postura corporal. O tônus não decorre do funcionamento simultâneo de todas as fibras do músculo, mas é o resultado do trabalho ora de algumas, ora de outras, que se revezam. Pelo fato de haver esse revezamento na atividade das fibras, o tônus muscular não está sujeito à fadiga; assim, pode ser mantido durante horas a fio. O tônus está sendo constantemente reajustado pelo sistema nervoso.

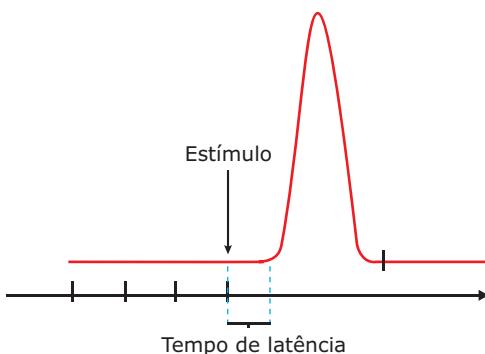
A energia para a contração muscular é fornecida diretamente pelas moléculas de ATP, quando ocorrer desdobramento em ADP + P_i (fosfato inorgânico). Dessa forma, constantemente, moléculas de ATP estão sendo degradadas no interior das células musculares e, consequentemente, moléculas de ATP estão sendo formadas (produzidas) no interior dessas células.

O ATP consumido na contração muscular é reconstituído através de diferentes processos ou vias metabólicas. Entre eles, destacamos:

A) **Respiração celular** – É o principal processo formador de ATP nas células musculares. Assim, tanto a glicólise quanto o ciclo de Krebs e a cadeia respiratória produzem o ATP necessário à contração.

É bom lembrar que, quando há deficiência no suprimento de oxigênio (anaerobiose) por um excessivo trabalho muscular, as células musculares também produzem ATP por meio da fermentação láctica.

B) **Transferência do radical fosfato da fosfocreatina** – Na fibra muscular, a fosfocreatina (creatina-fosfato) funciona como uma molécula auxiliar no armazenamento de energia. A fosfocreatina pode transferir o seu radical fosfato de alta energia para refazer o ATP a partir de ADP. Essa reação é catalisada por uma enzima, a creatina fosforilase (creatina fosforiltransferase). Dessa forma, quando o suprimento de ATP diminui, a creatina-fosfato fornece fosfato de alta energia para o ADP, o que permite a rápida formação de novas moléculas de ATP.

$$\text{Fosfocreatina} \xrightarrow{\text{Creatina fosforilase}} \text{Creatina} + P_i + \text{Energia}$$
$$\downarrow$$
$$\text{ATP} \longleftarrow \text{ADP} + P_i + \text{Energia}$$

A fosfocreatina não fornece sua energia para ser usada diretamente na contração muscular. Essa substância funciona como um importante reservatório de energia nas células musculares. Quando desdobrada, fornece radical fosfato e energia para regenerar o ATP, mantendo seu nível constante.

As reações da contração muscular são desencadeadas quando a musculatura recebe um estímulo. Da intensidade desse estímulo dependerá o início ou não do mecanismo da contração. A menor intensidade de estímulo capaz de promover a contração é chamada de limiar de excitação.

BIOLOGIA

Acima do limiar, os estímulos sempre vão dar uma mesma amplitude de contração, se considerarmos apenas uma fibra muscular. É a **"**lei do tudo ou nada**"**. Essa lei diz que um estímulo ou é ineficaz ou provoca um grau máximo de contração da fibra, independente de sua intensidade. A "lei do tudo ou nada", entretanto, não vale para um músculo inteiro, pois, se o estímulo é muito mais forte, ele pode desencadear a contração num número maior de fibras, aumentando, assim, o encurtamento do músculo todo. A gradação na força de contração do músculo, quando submetido a estímulos de intensidade diferentes, não se deve à resposta gradual de cada fibra muscular, mas sim à variação do número de fibras postas em atividade. O grau de contração de um músculo depende da quantidade de fibras estimuladas e da intensidade e da duração do estímulo. Uma estimulação fraca, por exemplo, resulta na contração de apenas algumas fibras e tem como resultado uma contração fraca do músculo. Quando muitas fibras são estimuladas simultaneamente, a contração do músculo é intensa.

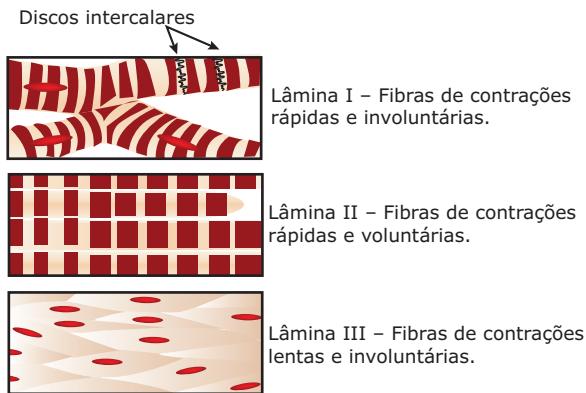
Quando um músculo recebe um estímulo, pode-se notar, no gráfico, que ele demora frações de segundo para iniciar efetivamente a contração. Esse pequeno intervalo de tempo entre a aplicação do estímulo e o início da contração é o chamado "tempo ou período de latência". O tempo de latência corresponde à fase bioquímica da contração, uma vez que, durante esse intervalo de tempo, ocorrem nas fibras musculares as reações químicas que visam a liberar energia para o ciclo da contração.

LEITURA COMPLEMENTAR

Regeneração muscular

No indivíduo adulto, os três tipos de tecidos musculares, quando lesados, apresentam diferenças quanto à capacidade de regeneração.

No adulto, as células da musculatura estriada esquelética não se dividem, no entanto, admite-se que a sua capacidade de regeneração seja realizada com a participação de células conhecidas por células satélites. As células satélites, visíveis apenas no microscópio eletrônico, são mononucleadas, fusiformes, dispostas paralelamente às fibras musculares e localizadas dentro da lâmina basal que envolve os miócitos. Quando ocorre uma lesão na musculatura esquelética, as células satélites, que normalmente estão quiescentes (em repouso), entram em atividade, proliferam por mitose e se fundem umas às outras para formar novas fibras musculares esqueléticas. Quando o músculo esquelético é submetido a exercícios intensos, as células satélites também entram em atividade. Nesse caso, elas proliferam por mitoses e se fundem com as fibras musculares já existentes, contribuindo, assim, para o aumento (hipertrofia) do músculo.

Ao contrário do que acontece nos primeiros anos de vida, no indivíduo adulto, o tecido muscular estriado cardíaco praticamente não se regenera. As lesões no miocárdio são reparadas por proliferação do tecido conjuntivo, formando, no local, uma cicatriz.

O tecido muscular liso apresenta boa capacidade de regeneração. Ocorrendo nesse tecido uma lesão, as células que não foram destruídas entram em mitose e reparam o tecido lesado.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC Minas) Em relação ao tipo de musculatura, a afirmativa está **INCORRETA** em:

A) A musculatura lisa é fusiforme.

B) A musculatura lisa apresenta contrações lentas e involuntárias.

C) A musculatura estriada pode apresentar muitos núcleos periféricos.

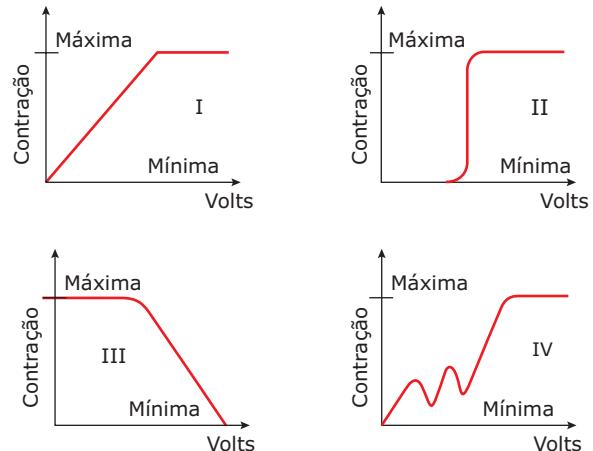
D) A musculatura cardíaca é filamentar não ramificada.

E) A musculatura cardíaca é de contração rápida e involuntária.

02. (VUNESP-SP) As lâminas I, II e III representam o aspecto de três tipos de tecido muscular de cães, quando analisados sob microscópio.

Lâmina I – Fibras de contrações rápidas e involuntárias.

Lâmina II – Fibras de contrações rápidas e voluntárias.

Lâmina III – Fibras de contrações lentas e involuntárias.

As fibras observadas nas lâminas I, II e III foram retiradas, respectivamente, dos músculos

A) do estômago, do coração e da pata.

B) do coração, da pata e do estômago.

C) da pata, do estômago e do coração.

D) do coração, do estômago e da pata.

E) do estômago, da pata e do coração.

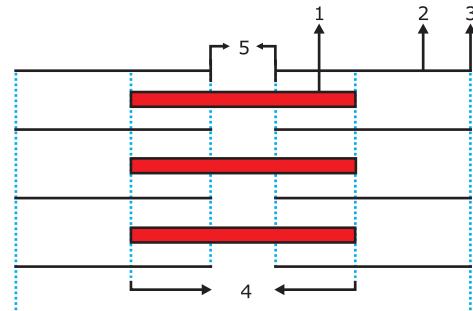
03. (Cesgranrio) A energia imediata que supre o processo de contração muscular é derivada de ligações ricas em energia provenientes de

A) trifosfato de adenosina.

B) creatina fosfato.

C) ácido fosfoenol pirúvico.

D) difosfato de adenosina.

E) Nenhuma das anteriores.

04. (FCC-SP) Uma fibra muscular individualizada, ao ser estimulada eletricamente, apresenta uma resposta tipo "tudo ou nada". Já um músculo inteiro mostra um aumento gradual na contração, conforme vai se aumentando, gradualmente, a intensidade do estímulo. A seguir, são apresentados 4 gráficos:

Os gráficos que representam **MELHOR** o que se disse sobre as contrações de fibra isolada e do músculo inteiro são, respectivamente,

A) I e II.

B) II e III.

C) III e IV.

D) IV e I.

E) II e I.

05. (PUC Minas) Sarcômero é a unidade contrátil da fibra muscular estriada. Observando com atenção o esquema de um sarcômero, os filamentos de miosina estão representados por

A) 1.

B) 2.

C) 3.

D) 4.

E) 5.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (FUVEST-SP) Reservas de carboidratos nos músculos ficam na forma de

A) glicogênio.

B) lactose.

C) amido.

D) sacarose.

E) glicose.

02. (UFV-MG) Preocupados com a boa forma física, os frequentadores de uma academia de ginástica discutiam sobre alguns aspectos da musculatura corporal. Nessa discussão, as seguintes afirmativas foram feitas:

I. O tecido muscular estriado esquelético constitui a maior parte da musculatura do corpo humano.

II. O tecido muscular liso é responsável direto pelo desenvolvimento dos glúteos e das coxas.

III. O tecido muscular estriado cardíaco, por ser de contração involuntária, não se altera com o uso de esteroides anabolizantes.

Analisando as afirmativas, pode-se afirmar que

A) apenas II e III estão corretas.
B) apenas I está correta.
C) apenas II está correta.
D) I, II e III estão corretas.
E) apenas I e II estão corretas.

03. (FCC-SP) Podemos afirmar que os músculos lisos

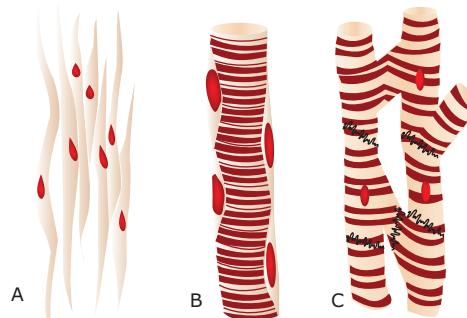
A) contraem-se voluntariamente.
B) são também chamados de músculos esqueléticos.
C) são encontrados apenas em vertebrados.
D) contraem-se lentamente.
E) são também chamados de músculos cardíacos.

04. (UNIRIO-RJ) O tecido muscular cardíaco apresenta fibras

A) estriadas, anastomosadas e de contração involuntária.
B) lisas, não anastomosadas e de contração voluntária.
C) estriadas, não anastomosadas e de contração involuntária.
D) lisas, anastomosadas e de contração voluntária.
E) estriadas, anastomosadas e de contração voluntária.

05. (PUCPR) Um sarcômero vem a ser

A) o blastômero que origina as células musculares estriadas.
B) uma unidade fundamental da miofibrila compreendida entre duas linhas Z.
C) unidade de miofibrila compreendida entre as faixas A.
D) unidade de miofibrila compreendida entre as faixas I.
E) a faixa escura numa miofibrila.

06. (Cesgranrio) O tamanho e o aspecto dos sarcômeros variam com o estado de relaxamento, de contração ou de estiramento de uma fibra muscular.

O sarcômero é observado somente nas fibras musculares

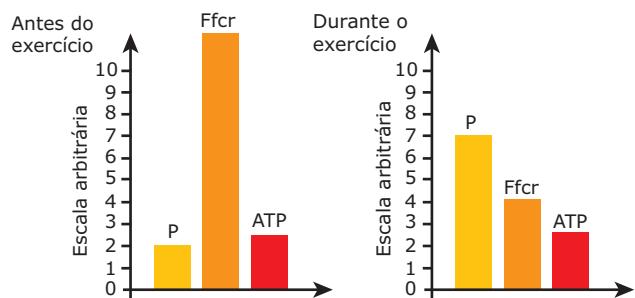
A) lisas e estriadas.
B) esqueléticas e cardíacas.
C) lisas e esqueléticas.
D) lisas e cardíacas.
E) esqueléticas voluntárias.

07. (PUC Minas) Existe no músculo esquelético uma substância capaz de fixar o oxigênio (O_2) designada

A) actina.
B) miosina.
C) mioglobina.
D) trombina.
E) histamina.

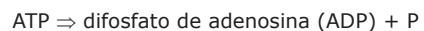
08. (UFPI)

Com base nas figuras anteriores, assinale a alternativa **CORRETA**.

A) A figura A representa componente básico na estrutura das artérias.
B) A figura B indica componente básico na estrutura das paredes do coração.
C) A figura C indica componente básico na estrutura das glândulas endócrinas.
D) A figura C apresenta os discos intercalares, característicos de músculos lisos.

09. (Famem) Sobre a contração das células musculares estriadas, emitem-se as frases seguintes:

I. Os filamentos de actina não modificam o seu comprimento, mantendo tamanho uniforme.

II. Os filamentos de miosina modificam o seu comprimento, encurtando.

III. Os filamentos grossos deslizam sobre os filamentos finos, presos ao sarcolema.

Está(ão) **CORRETA(S)**

A) apenas I.
B) apenas II.
C) apenas III.
D) duas delas.
E) as três.

10. (UFOP-MG) O tecido muscular liso caracteriza-se por

A) ausência de estrias e contrações lentas e involuntárias.

B) ausência de estrias e contrações rápidas e involuntárias.

C) ausência de estrias e contrações lentas e voluntárias.

D) presença de estrias e contrações lentas e voluntárias.

E) presença de estrias e contrações rápidas e voluntárias.

11. (UFV-MG–2009) Sobre os tecidos musculares, é **CORRETO** afirmar que

A) os músculos estriados esqueléticos contraem-se independentemente da vontade do indivíduo.

B) os músculos estriados cardíacos têm contração involuntária.

C) os músculos lisos são constituídos de unidades denominadas sarcômeros.

D) os músculos estriados esqueléticos possuem células longas com núcleos centrais.

12. (FCMMG) Ao receber um estímulo, o músculo demora frações de segundo para iniciar efetivamente a contração. Esse pequeno espaço de tempo em que as células executam reações químicas de liberação de energia, chamamos de

A) tempo de recuperação.

B) ampliação de contração.

C) repolarização.

D) pré-deslizamento.

E) período de latência.

13. (Unicamp-SP) "Ciência ajuda natação a evoluir". Com esse título, uma reportagem do jornal *O Estado de S. Paulo* sobre os Jogos Olímpicos (18 set. 2000) informa que: *Os técnicos brasileiros cobiçam a estrutura dos australianos: a comissão médica tem seis fisioterapeutas, nenhum atleta deixa a piscina sem levar um furo na orelha para o teste do lactato e a Olimpíada virou um laboratório para estudos biomecânicos – tudo o que é filmado embaixo da água vira análise de movimento.*

A) O teste utilizado avalia a quantidade de ácido láctico nos atletas após um período de exercícios. Por que se forma ácido láctico após exercícios intensos?

B) O movimento é a principal função do músculo estriado esquelético. **EXPLIQUE** o mecanismo de contração da fibra muscular estriada.

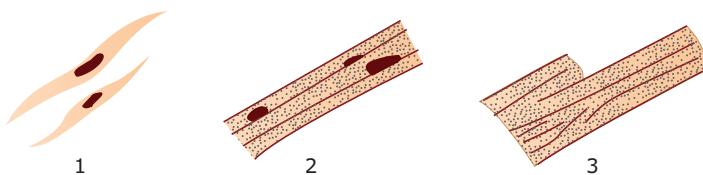
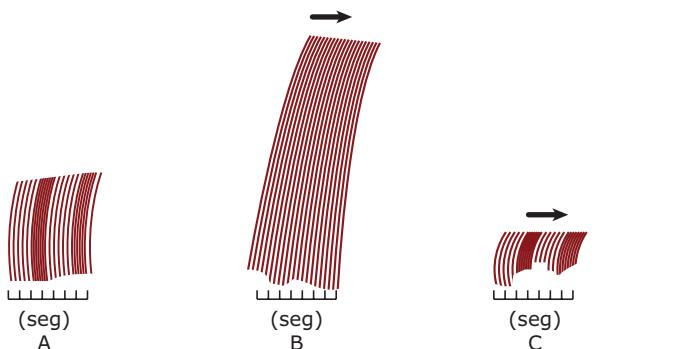
14. (UFRJ) A ressonância nuclear magnética (RNM) permite medir os níveis de certos compostos fosforilados num tecido vivo sem interferir na sua integridade. Uma análise feita com RNM produziu os resultados ilustrados nos gráficos a seguir, que representam os níveis no músculo dos seguintes compostos: o fosfato (P), a fosfocreatina (Ffcr) e o trifosfato de adenosina (ATP), respectivamente, antes e durante um exercício.

Para que haja a contração muscular, é essencial que ocorra a reação:

ATP ⇒ difosfato de adenosina (ADP) + P

Com base nesses resultados, **EXPLIQUE** o papel metabólico da fosfocreatina.

SEÇÃO ENEM

01. As fibras musculares esqueléticas podem ser classificadas em dois tipos: fibras lentas e fibras rápidas. O quadro a seguir mostra algumas diferenças entre esses dois tipos de fibras.

Fibras lentas	Fibras rápidas
Muitas moléculas de mioglobina	Poucas moléculas de mioglobina
Muitas mitocôndrias	Poucas mitocôndrias
Coloração vermelho-escura	Coloração vermelho-clara
Adaptadas para contrações lentas e continuadas (longa duração)	Adaptadas para contrações rápidas e descontínuas (curta duração)

"Em aves que voam pouco, como galinhas e perus, os músculos esqueléticos peitorais, que movimentam as asas, são empregados apenas para movimentos de curta duração. Em contrapartida, os músculos das coxas são usados de forma mais constante. Em aves migratórias, que voam grandes distâncias, acontece o contrário."

Com base nas informações do quadro e do texto, é correto dizer que

A) os músculos peitorais da galinha e da ave migratória têm coloração vermelho-escura.

B) os músculos das coxas da galinha e da ave migratória têm coloração vermelho-clara.

C) nas aves migratórias o músculo peitoral e o da coxa têm a mesma coloração.

D) o músculo peitoral da galinha tem coloração vermelho-clara.

E) nas aves migratórias todos os músculos têm coloração vermelho-clara.

02. O tecido muscular apresenta três variedades: não estriado (liso), estriado esquelético e estriado cardíaco. As figuras 1, 2 e 3 representam esquematicamente as fibras musculares dessas diferentes variedades do tecido muscular. Os gráficos (A, B e C) representam o registro de contração muscular normal de uma dessas três fibras comparado com os efeitos da aplicação das drogas atropina e muscarina.

Registro de contrações das fibras musculares (todos construídos na mesma escala)

Representação esquemática das fibras musculares

Com base nas informações das figuras e sabendo-se que a atropina e a muscarina agem antagonicamente sobre os batimentos cardíacos e, ainda, que o registro B mostra o efeito da atropina, conclui-se que a fibra que apresentou os registros A, B e C foi

A) a fibra 1 e o registro A mostra o efeito da muscarina sobre ela.

B) a fibra 1 e o registro B mostra o efeito da atropina sobre ela.

C) a fibra 2 e o registro A mostra o efeito da muscarina sobre ela.

D) a fibra 3 e o registro C mostra o efeito da muscarina sobre ela.

E) a fibra 3 e o registro A mostra o efeito da atropina sobre ela.

GABARITO

Fixação

01. D
02. B
03. A
04. E
05. A

Propostos

01. A
02. B
03. D
04. A
05. B
06. B
07. C
08. A
09. A
10. A
11. B
12. E
13. A) Porque o O_2 que chega ao músculo não é suficiente para completar o processo de respiração; ocorre, então, fermentação láctica que tem como produto o ácido láctico.

    B) Sob estímulo nervoso, ocorre a contração muscular, mecanismo no qual há o deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina, encurtando os sarcômeros da fibra muscular estriada.

14. A análise dos gráficos mostra que, antes e durante o exercício, os níveis de ATP não variam. Como a contração muscular consome ATP, concluímos que este está sendo regenerado durante o exercício. Nota-se também que o nível de fosfocreatina, que antes era alto, decresce durante o exercício, indicando que esse composto atua na regeneração do ATP. Ao ser degradada por ação da enzima creatinafosforilase, a fosfocreatina fornece energia para reação que liga fosfato (P) ao ADP, reconstituindo, assim, o ATP.

Seção Enem

01. D
02. D

BIOLOGIA

MÓDULO 05 | FRENTE C

Bacterioses

Muitas doenças infecciosas que acometem o homem são causadas por bactérias, denominadas genericamente de bactérias patogênicas. Tais doenças são as bacterioses. A seguir, temos um estudo resumido de algumas bacterioses. De cada uma delas, é importante você saber o(s) modo(s) de transmissão e as principais medidas de profilaxia (prevenção).

- **Blenorragia (Gonorreia)** – É uma doença do grupo das DSTs (doenças sexualmente transmissíveis), causada pela bactéria *Neisseria gonorrhoeae*, também conhecida por gonococos.

  A transmissão se faz usualmente por meio do contato sexual e, após um período de incubação variável (entre três e seis dias), podem manifestar-se os sintomas da doença: sensação de ardência na uretra durante a micção, aumento dos gânglios (íngua) da região da virilha e corrimento amarelado (pus espesso). Em alguns casos, principalmente nas mulheres, a doença pode ser assintomática, isto é, não há manifestação dos sintomas.

  O tratamento é feito com antibióticos, sob orientação médica, tendo sucesso na maioria dos casos. Para isso, no entanto, é essencial o tratamento do parceiro sexual, mesmo que assintomático.

  A mulher deve procurar fazer periodicamente o exame ginecológico preventivo, uma vez que essa doença, se não tratada, pode causar esterilidade: os gonococos podem atacar as tubas uterinas, causando nelas inflamação, fibrose e obstrução. Além disso, se a mulher estiver grávida e contaminada, ela pode infectar a criança, caso o parto seja normal. Nesse caso, o contágio se faz diretamente quando ocorre a passagem do bebê pela vagina. Os gonococos causam uma infecção nos olhos do recém-nascido, conhecida por *oftalmia neonatorum*, que pode levar à cegueira. Para se evitar isso, recomenda-se, como profilaxia, a instilação de nitrato de prata a 1% na conjuntiva do recém-nascido.

- **Botulismo** – Doença grave que tem como agente etiológico um bacilo anaeróbio, o *Clostridium botulinum*, também conhecido por bacilo do botulismo. Sua transmissão se faz pela ingestão de certos tipos de alimentos, geralmente enlatados e conservas, contendo a toxina botulínica, substância altamente tóxica produzida por esses bacilos.

  O bacilo do botulismo é encontrado como saprófita no solo e no intestino de herbívoros e de peixes. No preparo de certos alimentos, como carnes, peixes, palmito em conserva, salsichas, compotas, geleias e outros, se a esterilização não for feita de forma correta e adequada, poderá haver proliferação do *C. botulinum* com produção de toxina que, mesmo em pequena concentração, torna tóxico o alimento, sem deterioração aparente: a lata de conserva, por exemplo, poderá apresentar-se "estufada" ou não, assim como o cheiro e o gosto poderão estar ou não alterados.

  Uma vez ingerido o alimento contaminado, os efeitos da toxina botulínica se manifestam rapidamente (de 2 a 48 horas). Seu mecanismo de ação consiste em bloquear a liberação da acetilcolina nas sinapses neuromusculares.

  A doença caracteriza-se por vômitos, prisão de ventre, sede, dificuldade de deglutição e da fala, além de paralisia respiratória, sobrevindo a morte de 20% a 70% dos casos.

  A profilaxia consiste essencialmente em controlar a esterilização dos alimentos em conserva e evitar a ingestão de alimentos enlatados, cujas embalagens estejam "estufadas".

- **Coqueluche ("tosse comprida")** – Causada pela bactéria *Bordetella pertussis*, é uma doença tipicamente infantil que acomete as vias respiratórias. Inicia-se com uma coriza, confundindo-se com um simples resfriado, mas, alguns dias depois, surgem acessos de tosse seca, que costumam deixar a criança sem fôlego.

  A gravidade da doença varia com a idade, o estado geral e a maior ou menor sensibilidade de cada indivíduo. Sua transmissão se faz pela via respiratória, com a inalação de ar contaminado.

  A profilaxia se faz com a aplicação de vacina. A vacina antipertussis (contra a coqueluche) normalmente está associada à antitetânica e à antidiftérica, constituindo uma vacina conhecida por tríplice bacteriana. Essa vacina não confere imunidade total, mas, mesmo nos casos em que não evita a doença, torna sua evolução mais benigna.

- **Cólera** – É causada pela bactéria *Vibrio cholerae*, o vibrião colérico, que é transmitido, principalmente, por meio da água contaminada, pelas fezes e vômitos dos doentes e portadores (indivíduos que, embora já tenham o vibrião colérico nos seus intestinos, não apresentam sintomas da doença). Também pode ser transmitida por alimentos que foram lavados com

água contaminada pelo vibrião e que não foram bem-cozidos, ou pelas mãos sujas de doentes ou portadores. É bom lembrar também que moscas e outros insetos podem veicular (transportar) mecanicamente os vibriões das dejeções dos indivíduos infectados aos alimentos.

A cólera é uma infecção intestinal aguda, cujo principal sintoma é a diarreia intensa, que começa de repente. As fezes do doente são de cor esbranquiçada, como "água de arroz" (fezes riziformes), muito fluidas, sem muco e com odor peculiar de peixe. A febre, quando existe, geralmente é baixa. Junto com a diarreia, podem aparecer cólicas abdominais e vômitos. A diarreia intensa e os vômitos fazem com que o indivíduo perca grande parte dos líquidos de seu organismo, desidratando-se rapidamente. Caso não seja tratada de imediato, essa desidratação poderá levar o doente à morte, em pouco tempo.

As vacinas existentes contra o vibrião colérico são pouco eficazes e, dessa forma, para a prevenção da doença, outras medidas devem ser adotadas. As três medidas básicas são: controle da qualidade da água, destino adequado das fezes e vigilância em relação a passageiros e meios de transporte provenientes das áreas onde existem doentes de cólera.

As deficientes condições de saneamento, especialmente a falta de rede de esgotos, a falta de estações de tratamento dos esgotos e a falta de água potável para atender às populações constituem fatores essenciais para a disseminação da doença.

A cólera está no grupo das chamadas "doenças ressurgentes", isto é, doenças que retornaram de forma intensa após muito tempo sob controle. Em 1991, a doença voltou à América do Sul, reapareceu na África e tornou-se mais violenta na Ásia, depois de passar décadas controlada.

- **Difteria (Crupe)** – Causada pela bactéria *Corynebacterium diphtheriae*, o bacilo diftérico. Sua transmissão se faz por contato com secreções do nariz e de garganta da pessoa infectada, ou gotículas de saliva eliminadas pelo doente.

  Os sintomas da doença são dor de garganta, febre, perda de apetite e, um dado importante para o diagnóstico, o aparecimento de uma membrana branco-amarelada constituída por células mortas, pus e bactérias na garganta do doente. O tratamento é feito com o soro antidiftérico e antibióticos. A complicação mais grave é a obstrução da laringe, impedindo a respiração e causando a morte por asfixia.

  A profilaxia é feita com a vacina antidiftérica que, geralmente, é aplicada associada à antitetânica (contra o tétano) e à antipertussis (contra a coqueluche).

- **Disenterias bacterianas** – As bactérias que causam essas infecções são transmitidas principalmente pela ingestão de água e de alimentos contaminados. Entre elas, destacam-se as dos gêneros *Shigella* e *Salmonella*. As do gênero *Shigella* causam a disenteria bacilar, caracterizada por uma enterite (inflamação dos intestinos), diarreia, dores abdominais e, às vezes, febre; as do gênero *Salmonella* são responsáveis por intoxicações alimentares que apresentam um quadro semelhante ao da disenteria bacilar, porém acometem também regiões mais altas do aparelho digestório (estômago e intestino delgado).

  Todas as disenterias, independentemente de sua etiologia (vírus, bactérias, protozoários), exigem um pronto atendimento médico e cuidados com a desidratação, por meio de preparados que mantêm o equilíbrio de água e sais do organismo. Nas de etiologia bacteriana, o tratamento inclui também o uso de antibióticos.

  A prevenção dessas doenças exige melhorias no padrão de vida das populações, especialmente as mais carentes. Entre essas medidas, destacam-se as de saneamento básico, como o tratamento da água; o uso exclusivo de água filtrada ou fervida para beber; a proteção de poços e de cisternas contra a contaminação por moscas e outros animais; a construção de redes de esgoto e estações de tratamento de esgoto; os cuidados com o leite, que deve ser pasteurizado ou fervido; e a fiscalização em supermercados, açougues, matadouros e outros estabelecimentos que comercializam alimentos. Também são muito importantes as campanhas educativas de higiene pessoal.

- **Febre maculosa** – É causada pela *Rickettsia rickettsii*, uma bactéria que é transmitida ao homem por meio da picada de carrapatos. Trata-se, portanto, de uma doença tipicamente silvestre ou rural que se manifesta com febre alta, dor de cabeça e exantema (erupções cutâneas). Sua profilaxia consiste no combate aos carrapatos.

- **Febre tifoide** – É causada pela bactéria *Salmonella typhi* (bacilo de Ebert), que é transmitida através da água e de alimentos contaminados, especialmente aqueles que são consumidos crus (leite, ostras, verduras, frutas e outros).

  Penetrando pela via digestiva, a bactéria ataca a mucosa intestinal, invade a corrente sanguínea e propaga-se por outros órgãos (fígado, baço e medula óssea).

  Os principais sintomas da doença são febre alta, falta de apetite, dores musculares, diarreia, vômitos e manchas vermelhas na pele. Algumas pessoas podem não apresentar manifestações desses sintomas, mas alojar os bacilos no corpo e liberá-los pelo suor, pela urina e, principalmente, pelas fezes. Tais pessoas são ditas portadoras. Algumas pessoas infectadas podem, após o desaparecimento dos sintomas da doença, continuar portando alguns bacilos por longos períodos de tempo e, assim, tornam-se portadores crônicos. Suas fezes constituirão um perigo para a população, pois delas poderão advir epidemias.

A febre tifoide pode ocorrer de maneira epidêmica, principalmente durante o período de chuvas torrenciais (enchentes), nas localidades onde são precárias as condições de engenharia sanitária e saneamento básico, já que essa situação favorece e aumenta a possibilidade de contaminação da água potável pelas fezes de indivíduos doentes e portadores. Essas epidemias podem ser facilmente debeladas por medidas de engenharia sanitária relativas à canalização da água e dos esgotos, bem como pela cloração da água de abastecimento.

A imunização preventiva das pessoas é feita mediante a injeção subcutânea de 2 doses de vacina antitífica, com intervalos de 2 a 4 semanas.

- **Lepra (Hanseníase)** – Causada pela bactéria *Mycobacterium leprae* (bacilo de Hansen), seu modo de transmissão é controverso. Acredita-se que seja por contato direto com os bacilos, encontrados nas gotículas de saliva, secreções nasais e feridas dos doentes. Entretanto, a exposição da pessoa ao bacilo não significa, obrigatoriamente, a instalação da doença.

  De um modo geral, a doença manifesta-se de três a cinco anos após o contágio. O período de incubação, entretanto, pode estender-se por vários anos, como é o caso de crianças que se infectam na infância e só desenvolvem os sintomas da doença na vida adulta.

  Na forma mais grave da lepra, a lepromatosa, surgem inicialmente, na pele, manchas esbranquiçadas ou avermelhadas, que não coçam e tornam o local insensível. Muitas vezes, a pessoa se queima ou se fere nesses locais e nem percebe. A evolução da doença é lenta, com destruição da pele, das mucosas nasal, bucal e faringeana, dos olhos e das vísceras.

  É importante que se procure orientação médica diante da menor suspeita. A doença tem cura, o que permite o restabelecimento completo, inclusive das lesões, quando precoces. A cirurgia plástica também pode auxiliar na restauração das partes mais atingidas.

  Ainda não existe uma vacina contra a hanseníase, embora numerosos cientistas estejam pesquisando um medicamento e conseguindo resultados animadores.

- **Leptospirose** – É causada por um espiroqueta, a *Leptospira icterohaemorrhagiae*, que é transmitida pelo contato com água e outros materiais contaminados com excreções (fezes e urina) de animais hospedeiros, notadamente ratos e camundongos. Esses animais eliminam as leptospiras nas fezes e na urina, não só durante a doença, mas também durante a condição de portador assintomático. As leptospiras podem permanecer viáveis na água estagnada por várias semanas. A infecção humana resulta geralmente da ingestão de água ou de alimentos contaminados com as bactérias, que também podem penetrar através de ferimentos ou rachaduras existentes na pele e mucosas. Indivíduos sujeitos ao contato com água poluída por ratos (operários de esgotos, por exemplo) correm maior risco de infecção.

  Após uma incubação de 1 a 2 semanas, começa um período febril, durante o qual os espiroquetas estão presentes na corrente sanguínea. Posteriormente, as bactérias atacam diferentes órgãos (principalmente fígado e rins), produzindo hemorragias e necrose dos tecidos, o que resulta em alterações funcionais desses órgãos. O comprometimento renal, em muitas espécies de animais, é crônico, determinando a eliminação de grande número de leptospiras na urina.

  A profilaxia da doença consiste na eliminação da fonte de infecção e na utilização de vestimentas protetoras por parte daqueles que trabalham em locais possivelmente contaminados (arrozais, canaviais, esgotos e outros).

- **Meningite meningocócica** – A meningite é uma inflamação das meninges (membranas que envolvem e protegem os órgãos do sistema nervoso central) e pode ser causada por vírus, bactérias ou fungos. A meningite menigocócica é causada pela bactéria *Neisseria meningitidis*, também conhecida por meningococos.

  Sua transmissão se faz pela inalação de ar contaminado pelos meningococos. As pessoas infectadas liberam essas bactérias no ar por meio da tosse, do espirro e da fala. Mesmo sem apresentar os sintomas da doença, uma pessoa pode estar contaminada pelos meningococos e transmiti-los a outras.

  As bactérias invadem inicialmente a garganta e depois, por meio da corrente sanguínea, podem chegar às meninges. Surgem, então, febre alta, náuseas, vômitos, forte dor de cabeça, sonolência e um sintoma típico: a rigidez dos músculos da nuca, impedindo o doente de encostar o queixo no peito.

  O doente deve ser hospitalizado e submetido a tratamento com antibióticos, pois, se não tratada a tempo, a doença pode ser fatal.

  Para a sua prevenção, devem-se evitar ambientes fechados e aglomerações de pessoas, especialmente quando há um surto da doença; sempre que possível, preferir o uso de utensílios (copos, talheres, etc.) descartáveis (essa norma é importante para bares e outros recintos públicos), bem como isolar o doente em hospitais especializados (a meningite meningocócica é altamente contagiosa). As vacinas contra a doença não são ainda totalmente eficazes, sendo usadas apenas em período de surtos epidêmicos ou por indivíduos que mantiveram contato com doentes.

- **Peste bubônica** – Causada pela bactéria *Yersinia pestis* (bacilo de Yersin), conhecida anteriormente por *Pasteurella pestis*, é transmitida ao homem pela pulga do rato.

  A doença pode manifestar-se sob duas formas clínicas: a bubônica e a pneumônica. A forma bubônica é assim denominada porque se caracteriza pela formação de tumefações (inchaços) ganglionares, vulgarmente chamadas de "bubões", geralmente localizadas na região da virilha (ponto de junção da coxa com o ventre). A forma pneumônica evolui com os sintomas típicos de uma pneumonia. Enquanto a forma bubônica é relativamente "benigna", a forma pneumônica é quase sempre fatal.

  A peste bubônica foi outrora um dos maiores flagelos da humanidade: no reinado de Justiniano, dizimou quase 50% da população do Império Romano e, no século XIV, a "peste negra", como era chamada, produziu perto de 25 milhões de vítimas, ou seja, aproximadamente um quarto da população da Europa naquele tempo.

  O combate aos ratos e às pulgas é uma medida essencial na profilaxia da doença.

- **Pneumonia bacteriana** – A pneumonia é uma inflamação de um ou de ambos os pulmões, causada, na maioria das vezes, por bactérias que penetram em nosso organismo pelas vias respiratórias. Entre as bactérias causadoras da pneumonia humana, destaca-se o *Diplococcus pneumoniae* (pneumococos).

  A doença começa com febre alta, tremores, tosse com expectoração amarelada ou cor de tijolo e dores no peito e nas costas, principalmente ao tossir ou respirar. Essas dores tendem a aumentar com a progressão da doença.

  O tratamento é feito com antibióticos e outros medicamentos. O doente deve ficar em repouso e manter boa alimentação.

  Além das bactérias patogênicas propriamente ditas, existem as chamadas bactérias oportunistas, que só causam doença quando há uma deficiência no nosso sistema de defesa. Um exemplo é o *Streptococcus pneumoniae*, uma bactéria que vive na garganta da maioria das pessoas sadias. Quando há uma queda na capacidade de defesa da pessoa, essa bactéria prolifera, invade os pulmões e causa pneumonia.

- **Psitacose (Ornitose)** – É causada por micro-organismos conhecidos por clamídias.

  Anteriormente, as clamídias eram consideradas vírus, devido ao seu parasitismo intracelular obrigatório. Atualmente, são classificadas como bactérias e diferem dos vírus pelas seguintes características: como as bactérias, as clamídias possuem os dois tipos de ácidos nucleicos (RNA e DNA); multiplicam-se por divisão binária, o que nunca acontece com os vírus; possuem uma parede celular do tipo bacteriano; possuem ribossomos, o que não se observa nos vírus; possuem diversas enzimas metabólicas ativas; seu crescimento é inibido por muitos agentes antibacterianos.

  A psitacose é uma doença de aves que pode ser transmitida ao homem, no qual produz uma série de manifestações clínicas que vão desde uma infecção "benigna", inaparente, até uma pneumonia grave, com septicemia e morte.

  O termo psitacose é empregado para a doença humana e aviária adquirida a partir do contato com pássaros psitacídeos, como papagaios e periquitos. Já o termo ornitose aplica-se à infecção em aves domésticas, por exemplo pombos, galinhas, patos e gansos, e selvagens (gaivotas, garças e outras).

  Comumente, as aves adquirem a infecção no ninho, após o nascimento. Podem apresentar manifestações diarreicas ou mesmo não manifestar nenhum sintoma da doença, passando a ser portadoras do agente infectante durante toda a vida, excretando-o junto com as fezes. A inalação das fezes infectadas, secas, das aves é uma via comum de infecção humana. Como o micro-organismo também pode ser encontrado nos tecidos das aves, outra fonte de infecção está no manuseio dos órgãos desses animais, como acontece, por exemplo, nos abatedouros. As pessoas que trabalham em granjas de criação, no abate, preparo e embalagem de aves, com certa frequência apresentam quadros clínicos e subclínicos da doença. Em granjas, a doença tem ocasionado, às vezes, elevada mortalidade entre as aves, com grande perda econômica. Tem-se usado acrescentar antibióticos (tetraciclinas, por exemplo) aos alimentos das aves com a finalidade de reduzir o número de portadores.

- **Sífilis** – É uma doença grave que, se não tratada, pode generalizar-se pelo organismo e atingir o sistema nervoso, os pulmões, o fígado, o coração e outros órgãos.

  É causada pelo espiroqueta *Treponema pallidum*, transmitida, principalmente, pelo contato sexual. A sífilis, portanto, é mais uma doença do grupo das DSTs (doenças sexualmente transmissíveis). A transmissão também pode ocorrer por meio de transfusões sanguíneas e através da placenta (a mãe infectada pode transmitir a doença ao filho, durante a vida intrauterina). Neste último caso, a sífilis pode provocar aborto, lesões no fígado, nos ossos e no sistema nervoso do bebê, surdez ou mesmo parto de feto morto (natimorto).

  A primeira manifestação da sífilis (fase primária da doença) ocorre cerca de duas ou três semanas após a infecção, quando o *Treponema* já se espalhou por todo o organismo: uma ferida de borda endurecida e normalmente indolor, chamada de "cancro duro", aparece nos órgãos sexuais, na boca ou em outras partes do corpo. Essa ferida desaparece mesmo sem tratamento e, por isso, muitas vezes, o indivíduo não procura orientação médica.

  Após um período que varia entre um e três meses desde o desaparecimento do "cancro duro", surgem manchas avermelhadas por todo o corpo, dor de cabeça, feridas na boca e na garganta: é a fase secundária da doença.

Os sintomas da fase secundária também regridem depois de certo tempo, mas, caso não seja tratada, a doença entra na etapa em que passa a afetar diversos órgãos: é a fase terciária, que pode manifestar-se muitos anos depois da fase secundária.

Na fase terciária, o sistema nervoso central e o coração são os órgãos mais frequentemente atacados, e o resultado pode ser cegueira, insanidade mental, doenças cardíacas, paralisia e morte.

O diagnóstico da doença, no seu período inicial, pode ser feito pela descoberta direta do *Treponema* nas lesões da pele. Na sífilis mais adiantada, só o exame de sangue permite o diagnóstico conclusivo. Um dos exames muito utilizados é o teste conhecido por VDRL (*venereal disease research laboratory*). O tratamento da doença é feito com antibióticos, sempre sob orientação médica.

- **Tétano** – É causada pelo *Clostridium tetani*, também conhecido por bacilo de Nicolaier.

  O bacilo do tétano pode ser encontrado sob a forma de esporo (uma forma de resistência) nos mais variados ambientes: pregos enferrujados, latas, água suja, galhos, espinhos e no solo, principalmente quando tratado com adubo animal, pois esse bacilo se faz presente nas fezes dos animais, principalmente nas dos cavalos.

  Os esporos penetram em nosso organismo através de um ferimento na pele provocado por algum acidente, por queimaduras mal cuidadas, infecções dentárias e outros. Como o bacilo do tétano em sua forma vegetativa é anaeróbico estrito (não sobrevive em presença de O_2), quanto mais profundo o ferimento, isto é, quanto mais livre do contato com o ar, maior a probabilidade de o bacilo proliferar.

  A doença caracteriza-se por contrações e espasmos (contrações súbitas e involuntárias) dos músculos do rosto, da nuca, da parede do abdome e dos membros. Esses espasmos são resultantes da ação da toxina produzida pelo bacilo sobre o sistema nervoso. As convulsões provocam asfixia temporária, que pode evoluir para parada respiratória e, consequentemente, levar à morte.

  No recém-nascido, o bacilo pode penetrar também pelo cordão umbilical, quando este é cortado com instrumentos não esterilizados ou quando se coloca estrume de vaca, fumo ou outras substâncias contaminadas no umbigo da criança, a título de "curativo", hábito que infelizmente ainda é praticado em certas regiões, especialmente na zona rural.

  Ferimentos profundos ou provocados por instrumentos perfurantes requerem observação médica. Se o indivíduo ferido tiver sido vacinado contra o tétano, a aplicação de um reforço da vacina será suficiente para elevar a concentração de anticorpos ao nível adequado de proteção. Esse reforço não é necessário se a última vacinação ocorreu há menos de um ano. Evidentemente, são necessários também cuidados no tratamento da ferida: limpeza com água e sabão, retirada de corpos estranhos e uso de antissépticos.

  Se o indivíduo não tiver sido vacinado, o tratamento é feito com o soro antitetânico e antibióticos, sob orientação médica. Posteriormente, será aplicada a vacina antitetânica.

- **Tifo** – Causada pela *Rickettsia prowazeki* e pela *Rickettsia typhi*, bactérias que têm como reservatórios naturais certos tipos de artrópodes, nos quais vivem, usualmente, sem produzir doença alguma. Quando transmitidas ao homem, são capazes de causar infecções caracterizadas por febre e exantema (erupções cutâneas). Na realidade, existem dois tipos de tifo: tifo epidêmico e tifo endêmico.

  O tifo epidêmico ou tifo exantemático clássico é causado pela *Rickettsia prowazeki*, que é transmitida ao homem pela picada de piolhos. O piolho adquire o micro-organismo picando seres humanos infectados e o transmite pelas excreções fecais na superfície da pele de outra pessoa. Sempre que um piolho pica, ele, ao mesmo tempo, defeca. É ao coçar o local da picada que se propicia a penetração das riquétsias pela pele.

  O tifo endêmico ou tifo murino é causado pela *Rickettsia typhi*, que é transmitida ao homem pela pulga do rato. As pulgas do rato carregam as riquétsias de um rato para outro e, algumas vezes, do rato para o homem. O tifo endêmico é de distribuição mundial, especialmente em áreas altamente infestadas pelos ratos, como os portos de mar.

- **Tracoma** – Causada por clamídias, é uma doença oftálmica (dos olhos), caracterizada por uma ceratoconjuntivite (inflamação da córnea e conjuntiva), que, em certos casos, pode levar à cegueira.

  Os sintomas iniciais são lacrimejamento, secreções mucopurulentas, irritação dos olhos e ceratite (inflamação da córnea).

  A doença transmite-se mecanicamente, de olho a olho, por meio dos dedos e por toalhas de uso comum. Seu tratamento é feito com uso de sulfas e de antibióticos.

- **Tuberculose** – Causada pelo *Mycobacterium tuberculosis* (bacilo de Koch), a tuberculose é transmitida pela inalação de ar contaminado. A transmissão ocorre quando se aspiram gotículas de catarro eliminadas pela tosse, espirro e fala de uma pessoa doente, ou quando se aspira poeira contaminada por essas gotículas.

  Na maioria dos casos, a doença acomete apenas os pulmões, mas pode atingir também outros órgãos, como os rins, intestinos e ossos.

  A penetração do bacilo de Koch em um organismo não significa obrigatoriamente que a doença vá manifestar-se. Muitas pessoas entram em contato com o bacilo em alguma fase da vida, mas, em geral, essa primeira infecção é assintomática e passa despercebida, porque o organismo consegue controlá-la. Às vezes, porém, a bactéria pode permanecer "adormecida", iniciando o seu trabalho de destruição quando houver uma queda nas defesas naturais do organismo, causada por desnutrição, fadiga, alcoolismo ou outra doença. Nesse caso, o bacilo se reproduz, causando lesões na forma

de pequenos nódulos arredondados (tubérculos), que podem aumentar até formar grandes cavidades (cavernas) nos pulmões. Os bacilos também podem cair na corrente sanguínea e se espalhar para outras partes do corpo.

Dependendo da resistência do organismo, a evolução da doença pode ser muito lenta ou rápida. Um grande problema, e também um grande perigo, é que os sintomas iniciais podem passar despercebidos ou, então, ser confundidos com os de uma gripe. Muitas vezes, só numa fase mais avançada da doença surgem tosse contínua com catarro, dor torácica, emagrecimento e febre. Com o desenvolvimento da doença, alguns vasos sanguíneos podem arrebentar, especialmente durante os acessos de tosse, e o doente, então, passa a eliminar sangue no escarro (hemoptise).

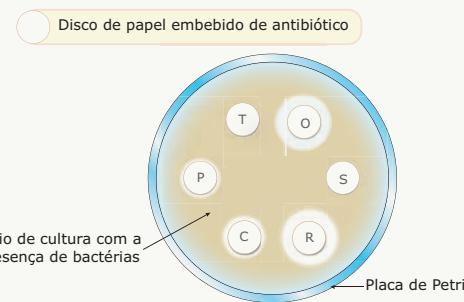
Medicamentos (antibióticos) associados ao repouso e à boa alimentação curam a tuberculose. Entretanto, para completa eliminação da doença na população, é importante que ela seja diagnosticada logo no início, por meio de radiografias periódicas dos pulmões, que mostram sombras anormais antes mesmo da manifestação dos sintomas. O diagnóstico é confirmado pelo encontro de bacilos da tuberculose no escarro. Muitos países controlam a tuberculose utilizando unidades móveis de raios X que visitam periodicamente as regiões de maior incidência.

Para diminuir a incidência da tuberculose, é fundamental a melhoria do padrão de vida das populações, em especial as mais carentes. A nutrição precária e as más condições de higiene na moradia facilitam o contágio e diminuem a resistência do organismo à doença. O leite também merece cuidados, devendo sempre ser pasteurizado ou fervido, pois algumas bactérias que causam a tuberculose no gado também podem atacar o homem.

Finalmente, a profilaxia da tuberculose também conta com a vacina BCG (iniciais de Bacilo de Calmette e Guérin).

LEITURA COMPLEMENTAR

Os antibióticos

Por volta de 1940, durante a Segunda Guerra Mundial, a medicina deu um largo passo na luta contra as bactérias. Nessa época, os antibióticos passaram a ser usados com sucesso contra diversos tipos de bactérias, salvando a vida de milhares de soldados, que, certamente, teriam morrido devido às infecções dos ferimentos causados em combate.

A descoberta dos antibióticos, entretanto, é um pouco mais antiga. A história teve início em 1928, quando o escocês Alexander Fleming observou que bactérias não haviam crescido em um meio de cultura contaminado por fungos. Fleming deduziu, então, que o fungo deveria produzir alguma substância que impedia o desenvolvimento e a multiplicação das bactérias. Cerca de dez anos depois, tal substância foi realmente isolada de um tipo de fungo, o *Penicillium notatum*, recebendo o nome de penicilina. Com o passar do tempo, vários outros antibióticos foram isolados de outros tipos de fungos, enquanto outros foram fabricados sinteticamente em laboratórios.Os antibióticos podem exercer ação bactericida (matando as bactérias) ou bacteriostática (impedindo a multiplicação das bactérias).

Embora sejam armas poderosas, os antibióticos só devem ser usados sob prescrição médica. Tais medicamentos somente serão eficientes quando usados por um tempo determinado e numa dosagem correta.

O uso indiscriminado dos antibióticos pode trazer como consequências:

- Crises alérgicas (anafilaxia) devido a uma hipersensibilidade (aumento da sensibilidade do organismo em relação a uma substância com a qual o organismo já estivera em contato).
- Alteração e destruição da microbiota bacteriana normal do corpo. Lembre-se de que muitas dessas bactérias são úteis ao nosso organismo, como as que vivem em nosso intestino produzindo certos tipos de vitaminas.
- Seleção de bactérias portadoras de genes para resistência à droga, isto é, seleção de mutantes resistentes. Nesse caso, o antibiótico destruirá quase toda a população de bactérias. Apenas os mutantes resistentes não serão destruídos. Reproduzindo-se com grande rapidez, os mutantes originam, em pouco tempo, uma nova população de bactérias constituída por indivíduos resistentes ao antibiótico em questão.

O antibiograma é um método importante para se determinar a ação dos antibióticos sobre as bactérias. Por meio dele, pode-se determinar a sensibilidade ou resistência das bactérias aos diversos tipos de antibióticos. Em alguns casos, o antibiograma permite também detectar a presença de mutantes já resistentes à droga. De uma maneira bem resumida, o método consiste em colocar uma amostra do material contaminado do paciente (urina, escarro ou outros) num meio de cultura contendo pequenos discos de papel embebidos em diferentes tipos de antibióticos. O material é colocado numa estufa a 37 °C e, após 24-48 horas, faz-se a leitura: se ao redor dos discos de papel aparecem halos claros, onde não existem colônias de bactérias, significa que as bactérias são sensíveis àqueles antibióticos, motivo pelo qual não cresceram ao redor dos discos; se ao redor dos discos aparecem colônias de bactérias, significa que as mesmas são resistentes aos antibióticos, daí o crescimento delas ao redor dos discos. Veja a seguir o esquema e a interpretação dos resultados de um antibiograma:

Antibiograma *– Quanto maior for a eficácia do antibiótico, maior será o halo claro ao redor do disco de papel (maior será a área de bactérias destruídas ao redor do disco). No exemplo acima, C, R e O são os antibióticos mais eficientes contra as bactérias, que são resistentes aos antibióticos S, T.*

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (Fatec-SP) As bactérias são organismos microscópicos, procariontes e muitas são patogênicas, pois causam doenças. Entre as doenças humanas causadas por bactérias, podemos citar

A) varíola, poliomielite, hidrofobia e Aids.
B) sífilis, gonorreia, meningite e tétano.
C) pneumonia, tuberculose, caxumba e sarampo.
D) encefalite, poliomielite, hepatite e cólera.
E) botulismo, febre tifoide, gripe e Aids.

02. (FCMMG) Um bioquímico realizou a análise de uma amostra de secreção colhida em uma lesão da garganta de uma criança, onde havia uma placa branco-amarelada. O exame revelou a presença de uma bactéria que provoca a difteria.

O bioquímico sabe que essa doença poderia ser evitada se a criança

A) fosse vacinada.
B) tomasse soro no início da doença.
C) aprendesse a escovar os dentes precocemente.
D) fosse protegida contra a picada do inseto vetor.

03. (ESPM-SP) A leptospirose é uma doença que se alastra em situações de enchente porque, nesses casos, aumenta a

A) contaminação do ar por bactérias que causam a doença.
B) contaminação do ar por vírus que causam a doença.
C) presença de caramujos que transmitem a doença.
D) contaminação da água pela urina de rato que transmite a doença.
E) proliferação de insetos que transmitem a doença.

04. (PUC Minas) Bactérias presentes nas placas dentárias podem, como parte de seu metabolismo, produzir substâncias capazes de desmineralizar a região do esmalte em que se encontram, facilitando a penetração bacteriana e a formação da cárie. Um osso de galinha poderá ficar flexível, assim como a casca de um ovo poderá desaparecer, se os colocarmos em vinagre por determinado tempo.

Com base nos fatos anteriores e em seus conhecimentos, é possível afirmar que, **EXCETO**

A) as bactérias podem ser consideradas patologias para as quais podemos adotar medidas profiláticas.
B) as bactérias utilizam os sais minerais retirados dos dentes para a síntese de sua parede.
C) o vinagre utilizado para flexibilização do osso e a remoção da casca do ovo pode ser produzido pelo metabolismo de determinadas bactérias.
D) carboidratos podem ser utilizados pelas bactérias das placas dentárias para a produção das substâncias desmineralizadoras.

05. (UFMG) O uso indiscriminado de antibióticos pode levar às seguintes consequências, **EXCETO**

A) Eliminação de micro-organismos patogênicos.
B) Estimulação do sistema retículoendotelial para formação de anticorpos.
C) Aumento da ocorrência de doenças provocadas por micro-organismos resistentes aos antibióticos.
D) Eliminação de micro-organismos úteis ao homem.
E) Seleção de formas resistentes de micro-organismos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Rio) Muitas doenças humanas são produzidas por vírus. Marque, na relação seguinte, a única que é de origem bacteriana.

A) Gripe
B) Caxumba
C) Tétano
D) Sarampo
E) Varíola

02. (PUC Minas) Atualmente, uma toxina produzida por uma bactéria que ocasiona paralisia flácida vem sendo utilizada por cirurgiões plásticos para a correção das rugas da face. Essa bactéria é encontrada no solo, quase sempre contaminando legumes, frutas e outros produtos que, enlatados, podem oferecer muito risco, principalmente se as latas estiverem estufadas. Quando a toxina é ingerida, pode provocar parada respiratória ou cardíaca, ocorrendo a morte do paciente.

Qual das doenças a seguir é provocada por essa toxina?

A) Tétano
B) Difteria
C) Botulismo
D) Cólera
E) Malária

03. (Mackenzie-SP) A meningite meningocócica, cuja profilaxia, principalmente entre escolares, se faz com vacinas conhecidas como "tipo A" e "tipo C", é uma infecção causada

A) somente por vírus.
B) por bactérias em forma de bastão ou bacilos.
C) por bactérias de forma esférica.
D) por vírus e bactérias.
E) por vírus e riquétsias.

04. (FUVEST-SP) Os antibióticos atuam contra os agentes causadores das seguintes doenças:

A) tuberculose, coqueluche e hepatite
B) tuberculose, sífilis e gripe
C) tétano, sífilis e gripe
D) tuberculose, coqueluche e sífilis
E) coqueluche, sífilis e sarampo

05. (FGV-SP) São frequentes os surtos de leptospirose nas zonas urbanas das grandes cidades, especialmente quando das enchentes causadas pelas chuvas e transbordamento de rios. Sobre essa enfermidade, pode-se dizer que

A) após infectar o homem, a transmissão da bactéria de pessoa a pessoa passa a constituir a mais importante forma de propagação da enfermidade.

B) em regiões sujeitas a inundações sazonais, a vacinação preventiva da população deve ser instituída antes do período das chuvas.

C) a principal forma de contágio é pelo contato da pele e / ou mucosas com água contaminada com urina de animais.

D) a vacinação dos animais domésticos é imprescindível para o controle da doença na população humana.

E) seu tratamento é apenas sintomático, uma vez que não há medicação adequada para as infecções virais.

06. (UFMG) Dona Margarida observou que uma lata de sardinha estava estufada e resolveu não consumir o seu conteúdo. Assinale a alternativa que apresenta uma justificativa **INCORRETA** para a atitude de dona Margarida.

A) O alimento pode conter toxinas produzidas por micro-organismos.

B) O alimento pode estar em processo de decomposição.

C) Os gases responsáveis pelo estufamento da lata são tóxicos.

D) Pode ter ocorrido falta de higiene durante o processo de embalagem.

07. (UEL-PR) A cólera é uma doença infecciosa aguda, caracterizada por febre, vômito e diarreia. O agente causador é a bactéria *Vibrio cholerae*, que é principalmente transmitida pela

A) picada do mosquito *Aedes aegypti*.

B) contaminação fecal da água e dos alimentos.

C) ingestão de carnes mal cozidas, com cistos.

D) pele, através do contato com as larvas.

E) inspiração dos esporos que atingem os pulmões.

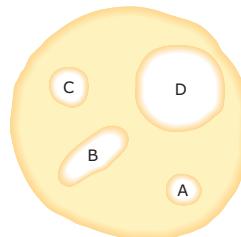
08. (UECE) A hanseníase é uma doença infecciosa crônica que afeta pele e nervos. Segundo dados recentes da Organização Mundial da Saúde, o Brasil tem a segunda maior endemicidade do mundo, ficando atrás apenas da Índia. O agente causador dessa doença é um bacilo denominado *Mycobacterium leprae*.

Entre as doenças relacionadas a seguir, a que possui agente etiológico pertencente ao mesmo gênero da hanseníase é o (a)

A) tuberculose.

B) cólera.

C) pneumonia.

D) tétano.

09. (UFMG) Desde sua introdução na década de 1940, os antibióticos tornaram-se um sucesso no controle de doenças bacterianas, sendo considerados medicamentos milagrosos. Consequentemente, passou-se a acreditar que essas doenças eram coisas do passado. Entretanto, tem-se verificado o "ressurgimento" de muitas delas. Todas as seguintes medidas podem ser implementadas, em nível de saúde pública, para minimizar o problema crescente de bactérias com resistência múltipla a antibióticos, **EXCETO**

A) Aumentar o uso profilático desses medicamentos em rações de animais, objetivando a imunização dos consumidores.

B) Criar programas de vigilância hospitalar e comunitária para evitar o uso inadequado e abusivo desses medicamentos.

C) Proibir a venda livre desses medicamentos e esclarecer a população dos riscos de automedicação.

D) Vacinar a população para aumentar as defesas do organismo contra as doenças bacterianas, reduzindo o uso desses medicamentos.

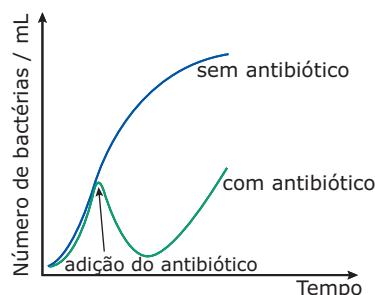
10. (FGV-SP) É de conhecimento geral que não se deve fazer uso indiscriminado de antibióticos, pois os agentes patogênicos tornam-se resistentes ao medicamento. Essa resistência é conseguida

A) porque os antibióticos induzem mutações para resistência nos micro-organismos.

B) porque a droga, matando os micro-organismos suscetíveis, seleciona os resistentes que já existiam na população.

C) porque a droga induz mutações no homem, tornando-o suscetível ao agente patogênico.

D) porque o organismo humano se "acostuma" com o medicamento.

E) por processos ainda desconhecidos.

11. (UDESC-SC) O esquema a seguir representa um experimento sobre a influência de soluções bactericidas de diferentes concentrações (A, B, C, D) e seus efeitos sobre populações de bactérias. As áreas claras do esquema representam o espectro de ação de cada uma das soluções, indicadas pela respectiva letra.

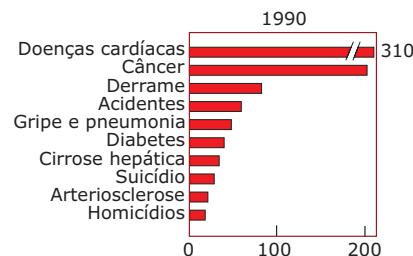
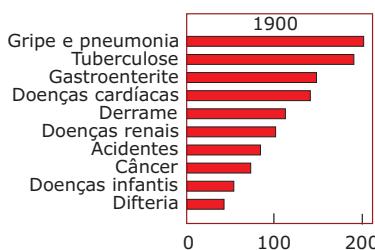
Analisando o esquema, é **POSSÍVEL** concluir que a ação bactericida de

A) A < B > C > D.

B) A > B > C > D.

C) A = C > B > D.

D) A < C < B < D.

E) A = D < B = C.

12. (PUC Rio–2010) Foram introduzidas em dois frascos, que continham um mesmo meio de cultura, quantidades idênticas de um tipo de bactéria. Após algum tempo de incubação, adicionou-se a apenas um dos frascos um antibiótico estável, de uso frequente na clínica e cuja concentração não se modificou durante todo o experimento. O gráfico a seguir representa a variação do número de bactérias vivas no meio de cultura, em função do tempo de crescimento bacteriano em cada frasco.

A observação do gráfico permite concluir que, no frasco em que se adicionou o antibiótico, ocorreu uma grande diminuição do número de bactérias e em seguida um aumento do seu crescimento. Segundo a teoria de evolução neodarwiniana, o fato observado no frasco com antibiótico tem a seguinte explicação:

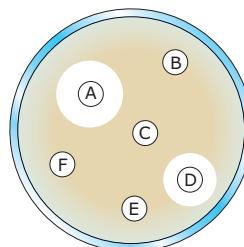
A) A dose usada de antibiótico eliminou a maioria da população selecionando uma minoria resistente que voltou a crescer.

B) A dose usada de antibiótico eliminou maioria das bactérias e a minoria sobrevivente se adaptou às condições, voltando a crescer.

C) A dose usada de antibiótico provocou uma lentidão no crescimento das bactérias que, após algum tempo, adaptaram-se e voltaram a crescer.

D) A dose usada de antibiótico inibiu o crescimento da maioria das bactérias mas, após a sua desintegração, essas bactérias começaram a crescer novamente.

E) A dose usada de antibiótico estimulou a adaptação de bactérias, que demoraram mais a crescer.

13. (UFRJ) As tabelas a seguir apresentam as frequências de mortes (número de mortes por 100 000 habitantes) na população dos Estados Unidos da América em dois momentos.

Observando os dados, podemos perceber que houve mudanças radicais nas várias frequências.

O advento dos antibióticos contribuiu para alterar significativamente as frequências de mortes de algumas doenças apresentadas nas tabelas. **IDENTIFIQUE** essas doenças. **JUSTIFIQUE** sua resposta.

14. (Unicamp-SP) Estima-se que um quarto da população europeia dos meados do século XIX tenha morrido de tuberculose. A progressiva melhoria da qualidade de vida, a descoberta de drogas eficazes contra a tuberculose e o desenvolvimento da vacina BCG fizeram com que a incidência da doença diminuísse na maioria dos países. Entretanto, estatísticas recentes têm mostrado o aumento assustador do número de casos de tuberculose no mundo, devido à diminuição da eficiência das drogas usadas e à piora da condições sanitárias em muitos países.

A) Qual é o principal agente causador da tuberculose humana?

B) Como essa doença é comumente transmitida?

C) **EXPLIQUE** por que a eficiência das drogas usadas contra a tuberculose está diminuindo.

15. (UFRJ) Um grande número de doenças do homem é provocado por infecções bacterianas. Para combater essas infecções, é comum o uso de antibióticos.

O exame de antibiograma é usado para escolher o antibiótico correto para cada infecção. Esse exame pode ser resumido da seguinte maneira: uma amostra do material infectado do paciente é semeada numa placa contendo nutrientes necessários para o crescimento das bactérias. Pequenos discos contendo, cada um deles, um tipo diferente de antibiótico são, então, colocados na placa. Decorrido o tempo necessário para que as bactérias se multipliquem, a placa é analisada.

Na figura, que mostra uma dessas placas, os discos com letras representam os diferentes antibióticos, e a zona escura, a área de crescimento das bactérias.
Analisando essa placa, que antibiótico você receitaria para o paciente? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

BIOLOGIA

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2003) Na embalagem de um antibiótico, encontra-se uma bula que, entre outras informações, explica a ação do remédio do seguinte modo:

O medicamento atua por inibição da síntese proteica bacteriana.

Essa afirmação permite concluir que o antibiótico

A) impede a fotossíntese realizada pelas bactérias causadoras da doença e, assim, elas não se alimentam e morrem.
B) altera as informações genéticas das bactérias causadoras da doença, o que impede manutenção e reprodução desses organismos.
C) dissolve as membranas das bactérias responsáveis pela doença, o que dificulta o transporte de nutrientes e provoca a morte delas.
D) elimina os vírus causadores da doença, pois estes não conseguem obter as proteínas que seriam produzidas pelas bactérias que parasitam.
E) interrompe a produção de proteínas das bactérias causadoras da doença, o que impede sua multiplicação pelo bloqueio de funções vitais.

02. (Enem–2003) O botulismo, intoxicação alimentar que pode levar à morte, é causado por toxinas produzidas por certas bactérias, cuja reprodução ocorre nas seguintes condições: é inibida por pH inferior a 4,5 (meio ácido), temperaturas próximas a 100 ºC, concentrações de sal superiores a 10% e presença de nitritos e nitratos como aditivos.

A ocorrência de casos recentes de botulismo em consumidores de palmito em conserva levou a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) a implementar normas para a fabricação e comercialização do produto.

No rótulo de uma determinada marca de palmito em conserva, encontram-se as seguintes informações:

I. Ingredientes: Palmito açaí, sal diluído a 12% em água, ácido cítrico.
II. Produto fabricado conforme as normas da Anvisa.
III. Ecologicamente correto.

As informações do rótulo que têm relação com as medidas contra o botulismo estão contidas em

A) II, apenas.
B) III, apenas.
C) I e II, apenas.
D) II e III, apenas.
E) I, II e III.

03. (Enem–2010) *A cárie dental resulta da atividade de bactérias que degradam os açúcares e os transformam em ácidos que corroem a porção mineralizada dos dentes. O flúor, juntamente com o cálcio e um açúcar chamado xilitol, agem inibindo esse processo. Quando não se escovam os dentes corretamente e neles acumulam-se restos de alimentos, as bactérias que vivem na boca aderem aos dentes, formando a placa bacteriana ou biofilme. Na placa, elas transformam o açúcar dos restos de alimentos em ácidos, que corroem o esmalte do dente formando uma cavidade, que é a cárie. Vale lembrar que a placa bacteriana se forma mesmo na ausência de ingestão de carboidratos fermentáveis, pois as bactérias possuem polissacarídeos intracelulares de reserva.*

Disponível em: http://www.diariodasaude.com.br. Acesso em: 11 ago. 2010 (Adaptação).

cárie 1. destruição de um osso por corrosão progressiva.

* cárie dentária: efeito da destruição da estrutura dentária por bactérias.

HOUAISS, Antônio. *Dicionário eletrônico*. Versão 1.0. Editora Objetiva, 2001 (adaptado).

A partir da leitura do texto, que discute as causas do aparecimento de cáries, e da sua relação com as informações do dicionário, conclui-se que a cárie dental resulta, principalmente, de

A) falta de flúor e de cálcio na alimentação diária da população brasileira.
B) consumo exagerado do xilitol, um açúcar, na dieta alimentar diária do indivíduo.
C) redução na proliferação bacteriana quando a saliva é desbalanceada pela má alimentação.
D) uso exagerado do flúor, um agente que em alta quantidade torna-se tóxico à formação dos dentes.
E) consumo excessivo de açúcares na alimentação e má higienização bucal, que contribuem para a proliferação de bactérias.

GABARITO

Fixação

01. B 02. A 03. D 04. B 05. B

Propostos

01. C
02. C
03. C
04. D
05. C
06. C
07. B
08. A
09. A
10. B
11. D
12. A
13. As doenças referidas são: a pneumonia, a tuberculose, a gastroenterite e a difteria, pois os antibióticos combatem e ajudam a controlar doenças infecciosas causadas notadamente por bactérias.
14. A) Bactéria *Mycobacterium tuberculosis* ou bacilo de Koch.
    B) Transmissão direta de pessoa a pessoa através de secreções das vias respiratórias contaminadas pelo bacilo.
    C) O uso indiscriminado de antibióticos seleciona as variedades resistentes aos medicamentos.
15. O antibiótico do disco A, pois foi o que causou a maior mortalidade de bactérias. O halo claro em torno desse disco é o maior de todos. Os halos claros em torno dos discos indicam regiões onde não houve crescimento de bactérias. Assim, quanto maior for a área desse halo, mais eficiente é o antibiótico no combate às bactérias.

Seção Enem

01. E 02. C 03. E

BIOLOGIA

MÓDULO 06 FRENTE C

Protozoários e protozooses

Os protozoários (do grego *protos*, primeiro, primitivo, e *zoon*, animal) fazem parte do reino Protista.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os protozoários são seres unicelulares, eucariontes, heterótrofos, aeróbicos ou anaeróbicos, encontrados nos mais variados ambientes (solo, água doce, água salgada, interior de outros seres vivos). Eles podem ser de vida livre, coloniais ou viver associados a outros organismos, estabelecendo com estes relações dos tipos comensalismo, mutualismo e parasitismo.

Em sua quase totalidade, são seres microscópicos, mas existem algumas exceções, como é o caso do *Spirostomum*, um protozoário de água doce que chega a ter até 3 mm de comprimento.

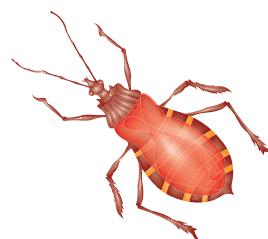
Apresentam morfologia variada, sendo que, em algumas espécies, ocorre o polimorfismo, isto é, o indivíduo assume várias formas durante o seu ciclo de vida. Muitas espécies também são capazes de formar cistos. O cisto é uma forma de resistência, protegido por uma membrana (membrana ou parede cística), que permite ao protozoário sobreviver em condições ambientais adversas.

Podem ter ou não estruturas locomotoras. Quando presentes, essas estruturas podem ser flagelos, cílios, pseudópodos ou, ainda, mionemas (fibrilas contráteis que permitem o "deslizamento" do indivíduo).

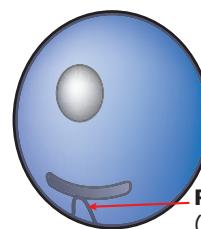
A excreção se faz por difusão, através da membrana plasmática e, em algumas espécies, também por transporte ativo, por meio da atividade dos vacúolos contráteis.

A reprodução pode ser assexuada ou sexuada. A reprodução assexuada se faz por bipartição (cissiparidade) e, em alguns casos, por esquizogonia. A reprodução sexuada, dependendo da espécie de protozoário, pode ser feita por conjugação ou por fecundação.

CLASSIFICAÇÃO DOS PROTOZOÁRIOS

Baseando-se na presença ou na ausência de estruturas locomotoras, bem como no tipo dessas estruturas, os protozoários podem ser subdivididos em quatro grupos:

Protozoários (cerca de 24 mil espécies)	
Grupo	**Características**
Mastigóforos ou flagelados	Presença de flagelos. Espécies de vida livre, mutualísticas ou parasitas.
Ciliados	Presença de cílios. Espécies de vida livre, mutualísticas e parasitas.
Sarcodinos ou rizópodes	Formam pseudópodos. Espécies de vida livre, comensais e parasitas.
Esporozoários	Ausência de organelas de locomoção. Todas as espécies são parasitas.

Protozoários mastigóforos

Os protozoários mastigóforos são os que possuem flagelos. O número de flagelos é variável de acordo com as espécies. Muitas utilizam os flagelos para a locomoção no meio líquido (natação). Outras são sésseis, isto é, vivem fixadas a um substrato e utilizam o movimento flagelar para criar correntezas líquidas que arrastam partículas de alimento para perto de si.

Esses protozoários podem ser de vida livre, mutualísticos ou parasitas. Muitas espécies fazem parte do zooplâncton marinho e dulcícola. Entre as espécies parasitas, muitas são agentes etiológicos (causadoras) de doenças no homem. Veja os exemplos a seguir:

Protozoários flagelados	Doenças que causam
Trypanosoma cruzi	Doença de Chagas
Trypanosoma gambiense	Doença do sono
Trypanosoma rhodesiense	Doença do sono
Leishmania brasiliensis	Leishmaniose tegumentar (úlcera de Bauru)
Leishmania chagasi	Leishmaniose visceral (calazar)
Giardia lamblia	Giardíase ou giardiose
Trichomonas vaginalis	Tricomoníase

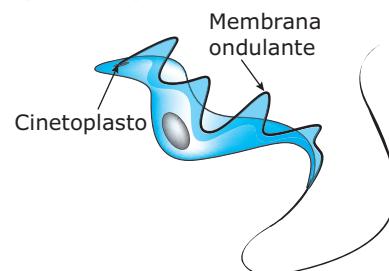
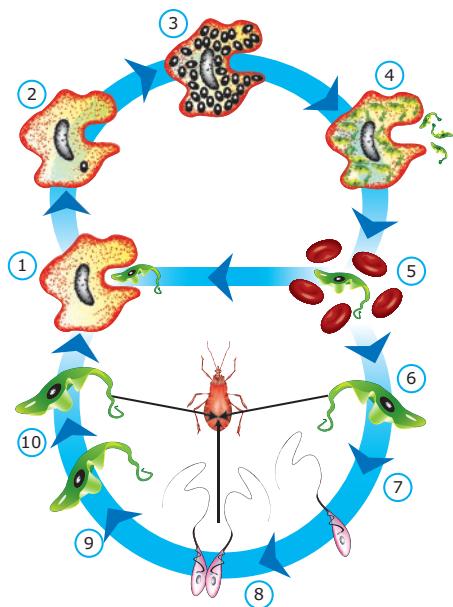
- **Doença de Chagas (Mal de Chagas, Tripanossomíase americana)** – Seu agente etiológico é o protozoário *Trypanosoma cruzi*, parasita heteroxeno que realiza seu ciclo de vida em dois hospedeiros: um vertebrado e outro invertebrado.

  Os hospedeiros vertebrados podem ser o homem e outros animais mamíferos (tatu, gambá, morcego, vários roedores, cão, gato). Esses outros mamíferos, quando infectados, funcionam como reservatórios naturais do parasita. O conceito de reservatório vivo de alguns autores relaciona-se com a capacidade de manter a infecção, sendo esta pouco patogênica para o reservatório.

  Os hospedeiros invertebrados são os insetos hemípteros triatomíneos, conhecidos popularmente por "barbeiros" ou "chupanças". Esses insetos são animais hematófagos e de hábitos noturnos: durante o dia, escondem-se em buracos no chão, nas paredes e entre as palhas da cobertura das casas de pau a pique, ainda muito comuns na zona rural, e, à noite, saem à procura de alimento, quando, então, picam as pessoas e outros animais para obter o sangue. Geralmente picam as pessoas no rosto (região que normalmente fica descoberta quando estamos dormindo), vindo daí o nome popular de "barbeiro". Ao picarem as pessoas, os triatomíneos defecam e, estando infectados, eliminam, junto com as fezes, o *T. cruzi*. Ao coçar o local da picada, a pessoa facilita a penetração dos tripanossomas através da pele.

  No Brasil, entre as espécies de "barbeiros" transmissoras da doença de Chagas, destacam-se: *Triatoma infestans*, *Panstrongylus megistus* e *Rhodnius prolixus*.

Triatoma infestans – *Tem cerca de 2,5 cm de comprimento, cor negra com manchas amarelas. É uma espécie predominantemente domiciliar, sendo encontrada nas frestas das cafuas de barro e pau a pique.*

O *T. cruzi* é um protozoário polimórfico, isto é, assume diferentes formas durante o seu ciclo evolutivo. Assim, ele pode ser encontrado sob três diferentes tipos morfológicos básicos: amastigota, epimastigota e tripomastigota. Veja as características dessas formas a seguir:

Amastigota – *Esférica, sem flagelo livre. É uma forma intracelular, sendo encontrada no interior de células musculares e nervosas do hospedeiro vertebrado.*

Epimastigota – *Oval, alongada, com flagelo livre, cinetoplasto anterior ao núcleo e pequena membrana ondulante. Encontrada na porção média e posterior do intestino do hospedeiro invertebrado ("barbeiro") e em meios de cultura.*

Tripomastigota – *Alongada, com flagelo livre, cinetoplasto posterior ao núcleo e membrana ondulante desenvolvida. Encontrada no sangue circulante do hospedeiro vertebrado, nas fezes do hospedeiro invertebrado e em meios de cultura. É a forma infectante do* T. cruzi.

***Ciclo do* T. cruzi** *– **1.** Penetração do tripomastigota numa célula. **2.** Transformação do tripomastigota em amastigota; **3.** Reprodução por cissiparidade do amastigota dentro da célula; **4.** Rompimento da célula parasitada, liberando tripomastigotas; **5.** Tripomastigotas no sangue circulante: podem penetrar em outra célula ou ser ingeridos pelo triatomíneo; **6.** Tripomastigotas no estômago do triatomíneo; **7.** Transformação de tripomastigotas em epimastigotas no intestino do "barbeiro"; **8.** Reprodução por cissiparidade das epimastigotas; **9.** Transformação das epimastigotas em "tripomastigotas metacíclicos" no reto do inseto; **10.** "Tripomastigotas metacíclicos", nas fezes do triatomíneo, aptos a penetrar em células do hospedeiro mamífero.*

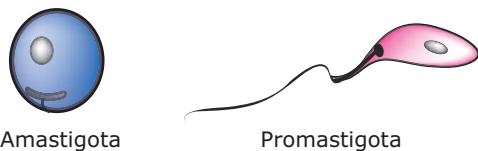
CANÇADO, R. *Doença de Chagas*, 1968 (Adaptação).

A maneira usual da transmissão da doença de Chagas ao homem é pela penetração do "tripomastigota metacíclico", presente nas fezes do "barbeiro", através da pele lesada ou mucosas. Entretanto, outros mecanismos de transmissão podem ocorrer. Entre eles, destacam-se: transfusão sanguínea, no caso de doadores chagásicos; transmissão congênita, no caso de mãe chagásica (o *T. cruzi* passa do organismo materno para o feto, através da placenta); amamentação (embora rara, já foi constatada a presença de tripomastigotas no leite materno); contato e manuseio de animais recém-abatidos (tatus, gambás e outros).

A doença de Chagas apresenta duas fases distintas: a fase aguda e a fase crônica.

I) Fase aguda – Inicia-se cerca de 5 a 10 dias após a infecção. Dura de 10 a 15 dias, sendo caracterizada por febre alta e elevada parasitemia (elevado número de parasitas na corrente sanguínea). Quando a porta de entrada dos tripomastigotas infectantes é a mucosa ocular, na fase aguda, também aparece o sinal de Romanã, caracterizado por um edema bipalpebral unilateral. Na fase aguda, o índice de mortalidade é baixo (cerca de 10%), e as mortes ocorrem principalmente por miocardites e encefalites.

Após a fase aguda, ocorre a resposta imunitária do organismo por meio da ação de anticorpos, provocando uma diminuição da parasitemia. A doença passa, então, para a fase crônica.

II) Fase crônica – Caracterizada pela baixa parasitemia e por lesões no coração (cardiopatia chagásica) e no tubo digestório. A cardiopatia chagásica caracteriza-se por cardiomegalia (aumento do volume do coração), disritmia cardíaca (alteração do ritmo cardíaco) e insuficiência cardíaca, o que pode levar à morte súbita do doente. Entretanto, o doente poderá viver vários anos com essas alterações.

No tubo digestório, notadamente no esôfago e no cólon (maior parte do intestino grosso), pode haver também a destruição de neurônios, provocando disritmia peristáltica (alterações do ritmo normal do peristaltismo), estase do bolo alimentar ou fecal que, normalmente, levam ao megaesôfago ou ao megacólon.

A profilaxia da doença está intimamente ligada à melhoria das condições de vida camponesa, bem como à modificação do hábito secular de destruição da fauna e da flora. Entre as medidas de profilaxia, destacamos melhoria das habitações rurais, substituindo-se as cafuas ou casas de pau a pique por construções de alvenaria; combate aos insetos vetores, os "barbeiros" transmissores, por meio do combate químico (uso de inseticidas) ou biológico (controle biológico); e controle dos doadores de sangue, descartando-se aqueles que apresentarem sorologia positiva para o *T. cruzi*.

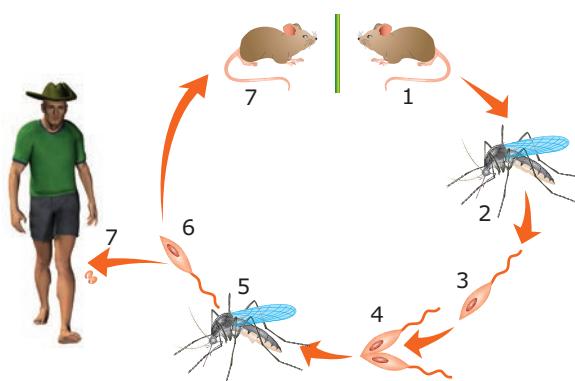
- **Doença do sono** (Tripanossomíase africana) – É causada pelos protozoários flagelados *Trypanosoma gambiense* e *Trypanosoma rhodesiense*, encontrados somente na África e transmitidos ao homem por meio da picada da mosca *Glossina palpalis*, conhecida popularmente por mosca tsé-tsé.

- **Leishmanioses** – São doenças causadas por protozoários flagelados do gênero *Leishmania*. No Brasil, existem duas espécies importantes: *Leishmania brasiliensis*, causadora da leishmaniose tegumentar americana ou úlcera de Bauru, e *Leishmania chagasi*, responsável pela leishmaniose visceral ou calazar.

As leishmanias são parasitas heteroxenos, que completam seu ciclo evolutivo em dois hospedeiros: um vertebrado e outro invertebrado. O hospedeiro vertebrado pode ser o homem e outros mamíferos (roedores, raposas, cães), que funcionam como reservatórios do parasita. O hospedeiro invertebrado é um mosquito fêmea do gênero *Lutzomyia*, também conhecido por flebótomo, birigui ou mosquito-palha.

As espécies do gênero *Leishmania* apresentam duas formas fundamentais: amastigota e promastigota.

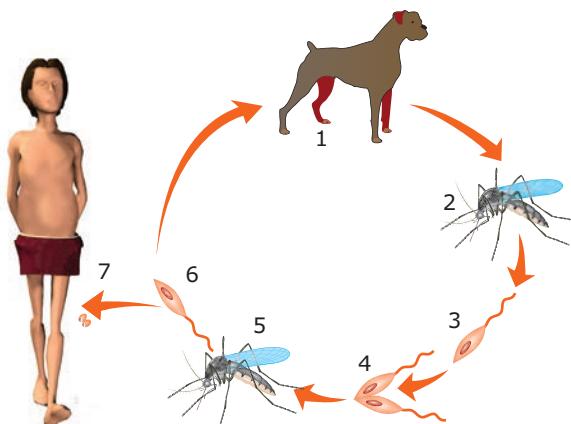
Morfologia das leishmanias *– As amastigotas da* Leishmania *são semelhantes às do* Trypanosoma*, sendo encontradas parasitando macrófagos do hospedeiro vertebrado. São, portanto, formas intracelulares do parasita. As amastigotas da* Leishmania brasiliensis *são encontradas em macrófagos da pele, tecido subcutâneo e da região nasobucofaringeana, enquanto as da* Leishmania chagasi *são encontradas nos macrófagos viscerais, isto é, macrófagos hepáticos (do fígado), esplênicos (do baço) e da medula óssea.*

A forma promastigota é oval alongada, com flagelo livre, cinetoplasto anterior ao núcleo, não apresentando membrana ondulante. As promastigotas da L. brasiliensis *e da* L. chagasi *são encontradas no aparelho bucal (probóscide) do hospedeiro invertebrado e constituem as formas infectantes para o hospedeiro vertebrado.*

I) Leishmaniose tegumentar americana ou **úlcera de Bauru** – É causada pela *Leishmania brasiliensis*, cuja transmissão ao homem se faz por meio da picada dos mosquitos fêmeas do gênero *Lutzomyia*. Ao exercer o hematofagismo sobre o hospedeiro vertebrado, o mosquito infectado inocula, junto com sua saliva, as formas promastigotas do parasita.

A leishmaniose tegumentar é uma doença que compromete as células do sistema reticuloendotelial (SRE), notadante os macrófagos, localizadas nos tecidos cutâneo e subcutâneo. As regiões do corpo mais atingidas são pernas, braços e rosto, isto é, parte descobertas do corpo, com formação de ulcerações (feridas) nesses locais. Tais ulcerações podem alastrar-se para a mucosa nasobucofaringeana.

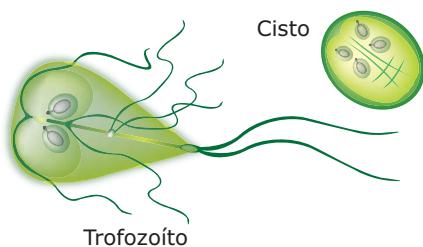
A lesão da região nasobucofaringeana é típica dessa leishmaniose e se constitui na maior gravidade da doença, devido às lesões faciais que provoca: inicialmente, a pele do nariz fica espessa, edemaciada (inchada), acarretando o aumento do volume do órgão ("nariz de tapir" ou "nariz de anta"). Posteriormente, pode haver comprometimento de todo o nariz, do lábio superior, do céu da boca e da faringe, provocando ulcerações graves que dificultam a alimentação, a respiração e a fonação.

Sua profilaxia consiste em: tratar os doentes; evitar dormir dentro de matas ou grutas, pois o hematofagismo do *Lutzomyia* é principalmente crepuscular ou noturno; construir casas ou acampamentos a uma distância mínima de 500 metros da orla da mata, pois o *Lutzomyia* é um inseto que voa pequenas distâncias; usar repelentes, telar as casas ou dormir com mosquiteiros finos; e combater os mosquitos vetores com o uso de inseticidas nas regiões em que a transmissão for domiciliar.

Ciclo evolutivo da **L. brasiliensis** *– **1.** Roedor naturalmente infectado; **2.*** Lutzomyia *ingere formas amastigotas juntamente com o sangue; **3.** No intestino anterior do inseto, as amastigotas transformam-se em promastigotas; **4.** Reprodução assexuada por cissiparidade das promastigotas no intestino do inseto. As promastigotas, que têm grande motilidade, migram para a parte anterior do tubo digestório do mosquito; **5.** Em novo repasto sanguíneo, o* Lutzomyia *inocula no vertebrado (homem, roedor) sua saliva contendo as formas promastigotas; **6.** No vertebrado, as promastigotas penetram nas células do sistema reticuloendotelial (SRE) local, transformam-se em amastigotas e se reproduzem por cissiparidade; **7.** No homem ou no roedor, as células parasitadas, repletas de amastigotas, se rompem, originando ulcerações (feridas) no local.*

OBSERVAÇÃO

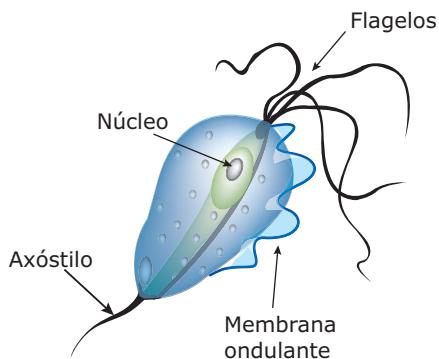
A membrana das formas amastigotas resiste à ação destruidora dos macrófagos do SRE, o que explica a sua não destruição dentro dos macrófagos.

II) Leishmaniose visceral ou calazar – É causada pela *Leishmania chagasi*, anteriormente conhecida por *Leishmania donovani*, cuja transmissão ao homem se faz pela picada dos mosquitos fêmeas do gênero *Lutzomyia*, em especial a *Lutzomyia longipalpis*.

É uma doença grave, uma vez que acomete células do SRE localizadas principalmente no baço, no fígado e na medula óssea. O comprometimento do baço causa esplenomegalia (aumento do volume do baço) e, consequentemente, dificuldades circulatórias nesse órgão, devido à pressão das células aumentadas. No fígado, a doença causa hepatomegalia (aumento do volume do fígado), com desenvolvimento de hepatite crônica. O comprometimento da medula óssea leva à anemia (diminuição do número normal de hemácias), leucopenia (diminuição do número de leucócitos) e trombocitopenia (diminuição do número de plaquetas), o que facilita a gênese (origem) de hemorragias.

A doença possui um ciclo silvestre, em que o protozoário circula entre raposa-inseto-raposa, e um ciclo doméstico, em que a *Leishmania* circula.

Ciclo evolutivo da* Leishmania chagasi** *–* ***1. *Cão ou raposa naturalmente infectado;* ***2.*** Lutzomyia *ingere formas amastigotas junto com o sangue;* ***3.*** *Amastigotas transformam-se em promastigotas no intestino do inseto;* ***4.*** *Reprodução por cissiparidade das promastigotas no intestino do inseto. Essas promastigotas invadem as glândulas salivares do mosquito;* ***5.*** *Em novo repasto sanguíneo, o* Lutzomyia *inocula no vertebrado (homem, cão, raposa) sua saliva contendo as formas promastigotas;* ***6.*** *As promastigotas penetram nas células do SRE local, transformam-se em amastigotas e se reproduzem por cissiparidade;* ***7.*** *No homem ou cão, as amastigotas rompem as células parasitadas, e, por meio da corrente sanguínea, chegam ao baço, ao fígado e à medula óssea.*

As principais medidas de profilaxia da leishmaniose visceral são: tratar as pessoas doentes; fazer, em zonas endêmicas, o levantamento sorológico de todos os cães, eliminando os animais positivos; usar inseticidas no domicílio e peridomicílio; usar telas em janelas; usar mosquiteiros.

- **Giardíase ou Giardiose** – Doença causada pelo protozoário flagelado *Giardia lamblia*, um parasita monoxeno que vive no intestino delgado do homem, principalmente no duodeno.

Giardia lamblia *– A* Giardia *possui duas formas:* ***trofozoíto*** *(forma normal, de vida vegetativa) e* ***cisto*** *(forma de resistência que permite a sobrevivência do parasita em condições adversas).*

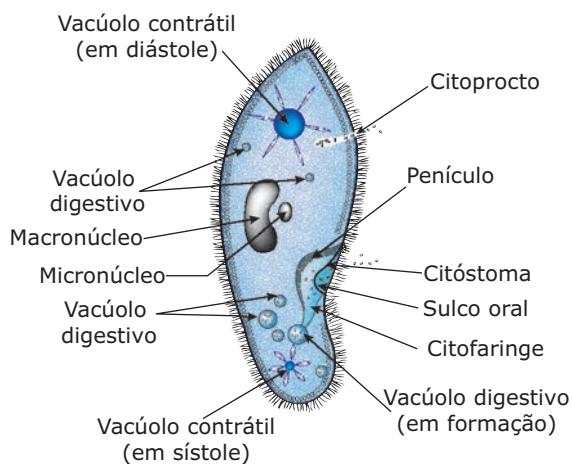
A transmissão usual da *Giardia* ao homem se faz por meio da ingestão de cistos desse parasita. Os cistos, chegando ao duodeno (primeira porção do intestino delgado), sofrem desencistamento, transformam-se em trofozoítos e se multiplicam por divisão binária. Os trofozoítos prendem-se à mucosa intestinal por meio de ventosas. Milhares de trofozoítos presos às mucosas forram-na como um "tapete". Dias depois, alguns trofozoítos desprendem-se da mucosa e sofrem encistamento. Os cistos, assim formados, são, então, eliminados nas fezes da pessoa parasitada. Esses cistos são capazes de resistir no meio ambiente por cerca de dois meses. Na maioria das vezes, a giardíase é assintomática. Os casos sintomáticos estão relacionados ao número de cistos ingeridos, à deficiência imunitária e, principalmente, à baixa acidez do suco gástrico do paciente. Os sintomas mais comuns são dor abdominal, diarreia, perda de peso e, às vezes, hipovitaminoses. O diagnóstico conclusivo só pode ser feito por meio do exame de fezes.

A profilaxia da doença consiste em tratamento dos doentes; higiene pessoal (lavar as mãos antes das refeições e após as defecações, manter as unhas sempre bem aparadas, etc.); tratamento da água destinada ao consumo da população; engenharia sanitária (construção de sanitários, redes de esgoto, estações de tratamento de esgotos, etc.) e higiene com os alimentos, especialmente os que são ingeridos crus (lavar bem as frutas e verduras, proteger os alimentos de insetos domésticos, como moscas e baratas, pois esses insetos podem veicular cistos do protozoário).

- **Tricomoníase** – Doença do grupo das DSTs, causada pelo protozoário flagelado *Trichomonas vaginalis*, um parasita monoxeno que vive nas vias genitais e urinárias feminina e masculina.

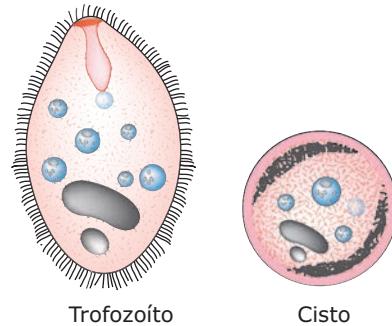
Trichomonas vaginalis – *O* T. vaginalis *não possui a forma de cisto, somente a de trofozoíto que apresenta uma organela de sustentação típica denominada axóstilo.*

A maneira usual de transmissão da tricomoníase é pelo contato sexual. Também existe a possibilidade de os trofozoítos serem transmitidos por meio do contato com roupas íntimas, roupas de banho e roupas de cama contaminadas, bem como por água de piscinas contaminadas.

No sexo masculino, a doença normalmente não provoca alterações graves, ocasionando, às vezes, uma uretrite (inflamação da uretra), com corrimento purulento e ligeira dor durante a micção. Nas mulheres, entretanto, provoca alterações mais sérias: vulvovaginite (inflamação da vulva e da vagina), leucorreia (corrimento branco-amarelado) e prurido (coceira) intenso.

As medidas de profilaxia são: tratamento dos doentes e de seus parceiros sexuais, mesmo que estes não manifestem sintomas da doença; higiene com o vestuário (roupas íntimas, toalhas de banho, etc.); uso de preservativos ("camisinhas") nas relações sexuais e tratamento adequado das águas de piscinas.

Protozoários ciliados

São os que possuem numerosos cílios. Muitas espécies usam os cílios para a locomoção, mas, à semelhança dos flagelados, algumas espécies são sésseis e, nesse caso, usam os batimentos ciliares para criar correntes líquidas que arrastam partículas de alimento para perto de si. Outra característica do grupo é a presença de dois ou mais núcleos de tamanhos diferentes: macronúcleos e micronúcleos. Os macronúcleos regulam as funções vegetativas, tais como a nutrição e a regeneração, enquanto os micronúcleos são responsáveis pelos processos de reprodução.

A maioria das espécies de protozoários ciliados é de vida livre, existindo, entretanto, algumas espécies parasitas e outras mutualísticas.

Um exemplo clássico de protozoário ciliado de vida livre é o *Paramecium caudatum*, encontrado na água doce.

Paramecium – *Os paramécios apresentam em sua membrana celular uma depressão, denominada sulco oral, por onde o alimento penetra no interior da célula. O sulco oral termina numa abertura chamada citóstoma* (cito, *célula;* stoma, *boca) que é continuada por uma região denominada citofaringe, onde existe um tufo de cílios, o penículo. Nesses protozoários, as partículas de alimento presentes no meio penetram no sulco oral devido ao turbilhonamento da água provocado pelos cílios que revestem externamente o protozoário. Por meio do sulco oral, o alimento atravessa o citóstoma e cai na citofaringe. Nela, os movimentos do penículo impulsionam o alimento para o fundo da citofaringe, onde se forma o vacúolo digestivo, que se desprende e passa a circular no endoplasma. Após realizada a digestão intracelular, o vacúolo residual é eliminado por uma região específica da célula, chamada citopígeo ou citoprocto.*

Além da reprodução assexuada por cissiparidade (divisão binária), os ciliados também podem se reproduzir sexuadamente por conjugação.

Entre as poucas espécies de ciliados parasitas, o destaque fica por conta do *Balantidium coli*, protozoário ciliado capaz de parasitar o homem.

Balantidium coli – *O* Balantidium coli *apresenta duas formas básicas: trofozoíto e cisto. Normalmente, é encontrado no intestino grosso de suínos, onde vive em comensalismo.*

No homem, o *B. coli* é capaz de causar a balantidíase ou balantidiose, doença caraterizada por ulcerações na mucosa do intestino, diarreia, dor abdominal e, às vezes, febre.

A transmissão da balantidíase é feita pela ingestão de cistos que saem nas fezes dos suínos e podem contaminar a água, os alimentos ou mesmo as mãos. Sua incidência é maior entre tratadores, criadores e abatedores de suínos.

A profilaxia se baseia em higiene individual (como lavar as mãos antes das refeições e manter as unhas bem aparadas. Esses cuidados devem ser ainda maiores entre aqueles que trabalham diretamente com suínos); higiene com os alimentos, especialmente os que são ingeridos crus (lavar bem frutas e verduras); engenharia sanitária (construção de redes de esgotos, etc.), a fim de evitar que as fezes dos suínos alcancem os abastecimentos de água de uso humano. A criação de suínos em boas condições sanitárias impede que os excrementos desses animais sejam disseminados (se possível, devem ser amontoados, para que a fermentação produzida mate os cistos aí presentes).

A balantidiose tem tratamento e o seu diagnóstico conclusivo é feito por meio de exame de fezes.

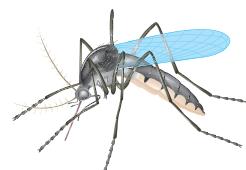
Protozoários sarcodinos

São os que se movimentam por meio de pseudópodos. Podem ser de vida livre, comensais ou parasitas.

Entre as espécies de vida livre, encontra-se, por exemplo, a *Amoeba proteus*, uma ameba encontrada na água doce. Entre as espécies comensais, existe a *Entamoeba coli*, encontrada no tubo digestório do homem e de outros animais. Já a *Entamoeba histolytica* é uma espécie parasita do intestino humano, que causa a disenteria amebiana ou amebíase.

Entamoeba histolytica – *A* E. histolytica *apresenta duas formas: trofozoíto e cisto.*

A *E. histolytica* é um parasita monoxeno, encontrado no intestino grosso do homem. Sua transmissão se faz pela ingestão de água e de alimentos contaminados com cistos do protozoário. Os cistos também podem ser veiculados por insetos domésticos (moscas, baratas e outros).

Uma pessoa se infecta ao ingerir cistos do protozoário. No intestino delgado, ocorre a transformação dos cistos em trofozoítos, que, então, reproduzem-se assexuadamente por cissiparidade. Os trofozoítos, assim formados, migram (por meio de movimentos ameboides) para o intestino grosso, onde podem permanecer na luz intestinal ou invadir a mucosa intestinal causando ulcerações. Os que permanecem na luz intestinal se transformam em cistos e são eliminados nas fezes; os que invadem a mucosa intestinal provocam a formação de úlceras (feridas), dor abdominal, disenteria com fezes mucossanguinolentas. Numa fase mais adiantada, há possibilidade de os trofozoítos presentes nas ulcerações intestinais caírem na circulação sanguínea e atingirem outros órgãos, como o fígado, onde causam a hepatite amebiana. A *E. histolytica*, portanto, pode invadir ou não a mucosa intestinal. Os trofozoítos que invadem a mucosa constituem a chamada "forma magna", virulenta ou invasora do protozoário; os que não invadem a mucosa, sendo encontrados apenas na luz intestinal, constituem a "forma minuta", avirulenta ou não invasora do parasita. Para muitos autores, essa forma não invasora seria, na realidade, uma outra espécie de ameba, a *Entamoeba dispar*.

A amebíase tem cura, e seu diagnóstico é feito por meio do exame de fezes. Sua profilaxia consiste em tratamento dos doentes; higiene pessoal (lavar as mãos antes das refeições e após as defecações); engenharia e educação sanitária; exame frequente dos "manipuladores de alimentos" para detecção e tratamento de algum possível portador assintomático; e combate aos insetos domésticos (moscas, baratas) que podem veicular cistos do protozoário.

Protozoários esporozoários

São desprovidos de organelas locomotoras. Todas as espécies são parasitas. Entre elas destacam-se as espécies do gênero *Plasmodium* e o *Toxoplasma gondii*, responsáveis, respectivamente, pelas doenças malária e toxoplasmose.

- **Malária (impaludismo, febre palustre, sezão, maleita)** – Causada por protozoários do gênero *Plasmodium*. No Brasil, existem três espécies distintas desse gênero que causam diferentes tipos de malária. São elas: *Plasmodium vivax*, causador da malária terçã benigna; *Plasmodium falciparum*, causador da malária terçã maligna e o *Plasmodium malarie*, agente causador da malária quartã benigna.

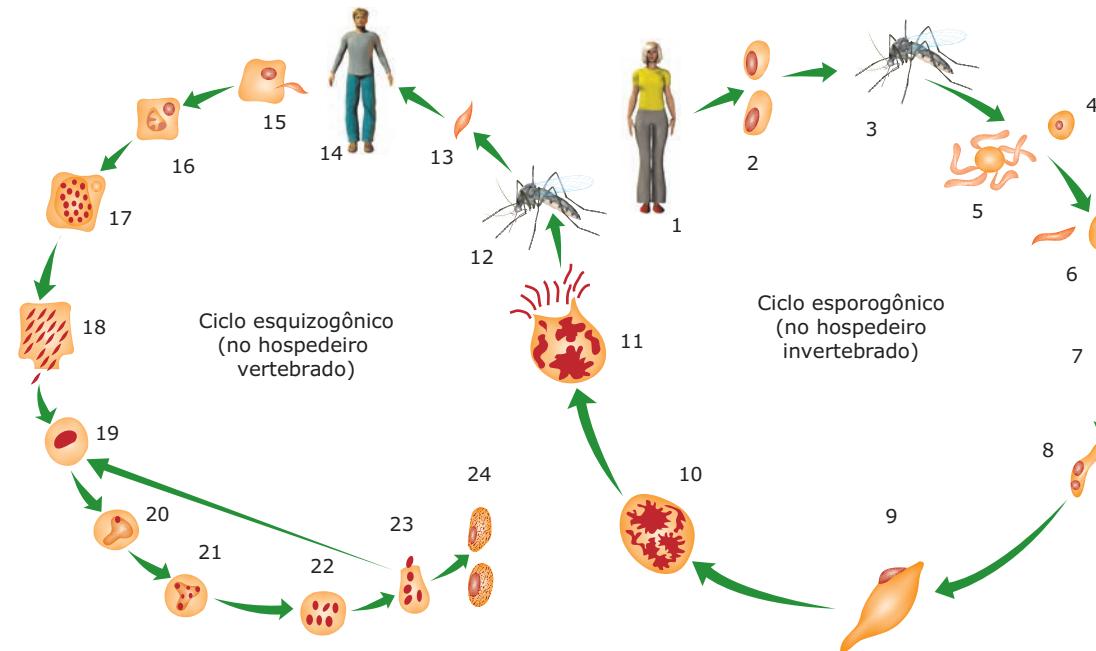
  Os plasmódios são parasitas heteroxenos que têm como hospedeiro vertebrado o homem e, como hospedeiro invertebrado, os mosquitos fêmeas do gênero *Anopheles* (mosquitos anofelinos, "mosquito prego").

***Mosquito* Anopheles** – *O* Anopheles darlingi *é a mais importante espécie transmissora de malária no Brasil e tem como criadouros grandes coleções de água (como represas e remansos de rios), desde que sejam límpidas e sombreadas.*

No homem (hospedeiro vertebrado), o *Plasmodium* se reproduz assexuadamente e, no mosquito, sexuadamente. Por isso, o homem é o hospedeiro intermediário, enquanto o mosquito anofelino (fêmea) é o hospedeiro definitivo.

Durante o seu ciclo evolutivo, o *Plasmodium* apresenta diferentes formas: esporozoíto, trofozoíto, esquizonte, merozoíto, gametócito, ovo (zigoto) e oocisto.

***Tipos morfológicos do* Plasmodium** – *Esporozoíto: alongado com núcleo central. É a forma infectante que o mosquito inocula no homem; Trofozoíto: arredondado. Lembra, muitas vezes, um anel, em que o aro é o citoplasma, e a pedra, o núcleo; Esquizonte: polinucleado; Merozoíto: esférico, pequeno, com apenas um núcleo central. Ao conjunto de merozoítos dentro de uma célula parasitada dá-se o nome de rosácea ou merócito; Gametócitos: formas precursoras dos gametas. São de dois tipos: microgametócitos, que originam os gametas masculinos, e macrogametócitos, que dão origem aos gametas femininos. São as formas infectantes para o mosquito; ovo (zigoto): arredondado, com um único núcleo diploide. Resulta da fusão dos gametas masculino e feminino; oocisto: é o ovo encistado na parede do estômago do mosquito e dá origem aos esporozoítos.*

O ciclo evolutivo do *Plasmodium* é subdividido em: ciclo esquizogônico e ciclo esporogônico.

I) Ciclo esquizogônico – É realizado no hospedeiro vertebrado (homem). Durante esse ciclo, o parasita se reproduz assexuadamente por um processo denominado esquizogonia. Esse ciclo é subdividido em duas fases ou etapas: pré-eritrocítica (exoeritrocítica) e eritrocítica.

- **A) Fase pré-eritrocítica** – realizada nos hepatócitos (células do fígado).
- **B) Fase eritrocítica** – realizada nos eritrócitos (hemácias).

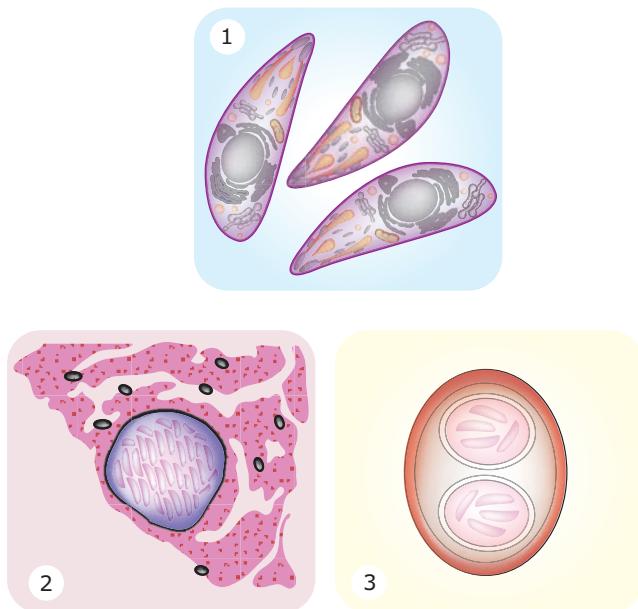
II) Ciclo esporogônico – É realizado no hospedeiro invertebrado (mosquito anofelino). Durante esse ciclo, o *Plasmodium* se reproduz sexuadamente por fecundação seguida por um processo de divisão denominado esporogonia.

Pode-se resumir o ciclo evolutivo do *Plasmodium* da seguinte maneira:

Ciclo evolutivo do* Plasmodium** – ***1. *Indivíduo com gametócitos no sangue.* ***2.*** *Macrogametócitos e microgametócitos são ingeridos pelo mosquito* Anopheles. ***3.*** *Mosquito* Anopheles *com gametócitos.* ***4.*** *No estômago do mosquito, o macrogametócito amadurece,*

dando origem ao macrogameta. ***5.*** *No estômago do mosquito, os microgametócitos, por exflagelação, originam vários microgametas.* ***6.*** *Um microgameta fecunda o macrogameta.* ***7.*** *Formação do ovo ou zigoto.* ***8.*** *Ovo móvel ou oocineto.* ***9.*** *Encistamento do ovo na parede do estômago do mosquito. Esse ovo encistado é agora denominado oocisto.* ***10.*** *Esporogonia dando origem aos esporozoítos dentro do oocisto.* ***11.*** *Rompimento do oocisto e liberação de esporozoítos que se espalham por todo o mosquito, chegando às glândulas salivares do mesmo.* ***12.*** Anopheles *indo fazer novo repasto sanguíneo.* ***13.*** *Inoculação dos esporozoítos no homem.* ***14.*** *Indivíduo recebendo os esporozoítos por meio da picada do mosquito anofelino.* ***15.*** *Os esporozoítos, por meio da corrente sanguínea, chegam aos hepatócitos.* ***16.*** *Hepatócitos infectados por esporozoítos.* ***17.*** *No interior dos hepatócitos, os esporozoítos crescem e se multiplicam (esquizogonia), originando os merozoítos.* ***18.*** *Rompimento do hepatócito com liberação dos merozoítos.* ***19.*** *Os merozoítos liberados pelos hepatócitos caem na corrente sanguínea e invadem hemácias, transformando-se em trofozoítos jovens.* ***20.*** *Trofozoíto ameboide.* ***21.*** *Esquizonte.* ***22.*** *Rosácea.* ***23.*** *Rompimento da hemácia e liberação dos merozoítos que irão penetrar em novas hemácias.* ***24.*** *Formação de gametócitos que irão infectar outro mosquito.*

A transmissão usual da malária ao homem se faz por meio da picada de mosquitos fêmeas do gênero *Anopheles*. Outro modo possível de transmissão é por meio de transfusões sanguíneas. A transmissão congênita (placentária), apesar de rara, também pode ocorrer.

As alterações mais frequentes na malária são o acesso malárico e a anemia.

O acesso malárico é caracterizado por calafrio, calor e suor que, geralmente, ocorrem em intervalos regulares de tempo, são característicos para cada espécie de *Plasmodium*. Para o *P. falciparum*, o acesso ocorre a cada 36-48 horas; para o *P. vivax*, o intervalo é de 48 horas; e, para o *P. malariae*, é de 72 horas. O acesso malárico acontece quando ocorre a ruptura das hemácias, liberando na corrente sanguínea os merozoítos e o pigmento malárico (hemozoína). Esse pigmento é produzido no interior das hemácias parasitadas devido à ação do parasita sobre a hemoglobina. No acesso malárico, o doente começa a tremer de frio (calafrio), sensação que cessa cerca de 30 minutos depois, quando, então, o indivíduo começa a sentir um calor intenso e a febre eleva-se para 39 ºC a 41 ºC, permanecendo assim por cerca de duas horas. Após o acesso malárico, o doente sente-se aliviado e, muitas vezes, é capaz de voltar às suas atividades normais, apesar de sentir-se um pouco fraco. Durante o acesso malárico, há um desequilíbrio do sódio (queda) e do potássio (aumento). Alguns autores supõem que esse desequilíbrio seja o responsável pelos calafrios.

A anemia malárica é provocada pela destruição das hemácias parasitadas, após a esquizogonia.

A malária é uma doença que tem tratamento e sua profilaxia consiste em: tratamento dos doentes; combate às larvas dos mosquitos anofelinos em regiões alagadas, por meio de drenagem, do uso de inseticidas ou de inimigos naturais (peixes larvófagos, como o *Gambusia affinis*, também conhecido por guaru-guaru); e utilização de recursos que evitem o acesso dos mosquitos às moradias, tais como o uso de telas em portas e janelas, de cortinados ou mosquiteiros nas camas e de inseticidas.

- **Toxoplasmose** – Doença de distribuição geográfica mundial, causada pelo *Toxoplasma gondii*, um protozoário esporozoário. Calcula-se que cerca de 40% de uma população apresentam sorologia positiva a esse protozoário.

  O *T. gondii* é um parasita heteroxeno que tem o gato como hospedeiro definitivo e o homem, os mamíferos em geral e as aves como hospedeiros intermediários. Apresenta várias formas durante o seu ciclo evolutivo.

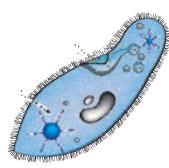
Principais formas do* Toxoplasma gondii** – ***1. *Trofozoítos: encontrados nos líquidos orgânicos (saliva, leite, urina e outros) e no interior de células do SRE. O trofozoíto do* T. gondii *também é chamado de taquizoíto.* ***2.*** *Cisto: encontrado em diversos tecidos (muscular, nervoso e outros), tendo, no seu interior, um grande número de trofozoítos.* ***3.*** *Oocisto: encontrado nas fezes de gatos e outros felídeos. Quando maduro, contém dois esporocistos, cada um contendo quatro esporozoítos.*

A transmissão do *Toxoplasma* ao homem se faz por meio da ingestão de oocistos e de cistos encontrados em carne crua ou mal cozida e, congenitamente, através da placenta.

Muitas vezes, a toxoplasmose é uma doença assintomática. Nos casos sintomáticos, podem haver alterações graves, tais como cegueira, retardamento mental da criança e aborto.

A transmissão congênita é frequentemente a mais grave. As alterações mais comuns, devido à toxoplasmose na gravidez, são aborto, nascimento prematuro, calcificações cerebrais na criança e destruição da retina da criança, ocasionando cegueira total ou parcial.

A toxoplasmose adquirida após o nascimento pode apresentar uma evolução variável. Na maioria dos casos, constitui-se numa infecção assintomática. Quando se manifesta na forma sintomática, pode ocasionar febre, inflamação dos gânglios, inflamação da retina (com consequente cegueira parcial ou total) e lesões generalizadas na pele.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG / Adaptado) Qual a correspondência exata entre os desenhos e os grupos dos protozoários?

Trypanosoma

Plasmodium

Paramecium

Entamoeba

A) Sporozoa, Mastighophora, Sarcodina e Cilliophora.

B) Cilliophora, Sporozoa, Mastigophora e Sarcodina.

C) Sporozoa, Cilliophora, Sarcodina e Mastigophora.

D) Mastigophora, Sarcodina, Cilliophora e Sporozoa.

E) Mastigophora, Sporozoa, Cilliophora e Sarcodina.

02. (PUC Rio) Considere as seguintes afirmações referentes aos protozoários:

I. Considerando-se o nível de organização dos protozoários, pode-se afirmar corretamente que são seres acelulares como os vírus.

II. Pode-se afirmar corretamente que os protozoários só se reproduzem assexuadamente.

III. O protozoário causador da malária é o parasito plasmódio.

Assinale se

A) apenas II está correta.

B) apenas III está correta.

C) apenas I e II estão corretas.

D) apenas II e III estão corretas.

E) todas estão corretas.

03. (PUC Minas) **NÃO** é uma afirmativa correta sobre a doença de Chagas:

A) O agente etiológico é o *Trypanosoma cruzi*.

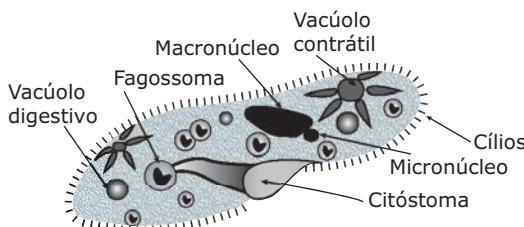
B) As formas infectantes para o homem se encontram nas fezes do barbeiro.

C) Tatus e gambás constituem reservatórios naturais da doença.

D) Melhoria de habitações constitui uma medida profilática.

E) A cura definitiva se faz através do transplante cardíaco.

04. (UFMG) Conforme tem sido noticiado na imprensa mineira, a incidência de Calazar, leishmaniose visceral, nos cães de áreas urbanas tem aumentado significativamente.

Em relação a essa doença, é **INCORRETO** afirmar que

A) a mordida do cão pode transmitir a doença ao homem.

B) a raposa também é reservatório da doença no meio rural.

C) o agente patogênico é um protozoário flagelado.

D) o vetor pertence à mesma classe do barbeiro.

E) uma medida profilática é a eliminação de cães contaminados.

05. (OSEC-SP) Os picos de febre que ocorrem na malária são devidos

A) à invasão do fígado pelo plasmódio.

B) ao aumento do baço, que passa a produzir mais glóbulos brancos.

C) à migração de protozoários para zonas cerebrais que controlam a temperatura.

D) à liberação de substâncias tóxicas por ruptura de glóbulos vermelhos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Minas) A figura a seguir representa o protozoário ciliado de vida livre do gênero *Paramecium* com indicação de algumas de suas estruturas.

Leia com atenção as afirmações a seguir.

I. O protozoário dado apresenta nutrição heterótrofa com digestão intracelular.

II. A maioria dos protozoários é unicelular, e o grupo dos ciliados é tipicamente parasita de animais e plantas.

III. Seus vacúolos contráteis trabalham para manter o animal isotônico em relação ao meio externo.

IV. Os vacúolos digestivos podem se formar pela união de lisossomos com fagossomos.

V. A reprodução sexuada é possível por conjugação em alguns protozoários ciliados.

São afirmações **CORRETAS**

A) I, IV e V apenas.

B) I, III e IV apenas.

C) II, III e V apenas.

D) I, II, III e IV.

02. (UFMG–2010) Em 2009, comemoram-se cem anos da descoberta da doença de Chagas, ocorrida em Lassance / MG.

Hoje, em decorrência da adoção de uma série de medidas, essa doença está controlada no Brasil.

É correto afirmar que, nessa série de medidas adotadas, **NÃO** se inclui

A) a aplicação de inseticidas nas habitações infestadas.

B) a captura sistemática do *Trypanosoma cruzi*.

C) a triagem do parasita em bancos de sangue.

D) o incentivo à construção de casas de alvenaria.

03. (FMIT-MG) Durante uma aula prática, foi observado um protozoário que continha um macronúcleo e um micronúcleo. Qual das organelas a seguir seria responsável pela locomoção desse indivíduo?

A) Flagelo

B) Cílio

C) Mionema

D) Pseudópode

E) Nenhuma dessas, pois o mesmo não se locomove.

04. (PUC-SP) São citados a seguir quatro parasitas humanos:

I. *Trypanosoma cruzi*

II. *Entamoeba histolytica*

III. *Leishmania braziliensis*

IV. *Plasmodium falciparum*

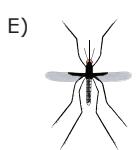
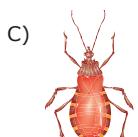
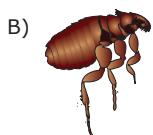
Com relação a esses parasitas, pode-se afirmar que

A) os quatro são transmitidos por insetos.

B) três deles são transmitidos por insetos e um pela ingestão de alimentos contaminados com cistos.

C) dois deles são transmitidos por ingestão de alimentos contaminados com cistos.

D) dois deles são transmitidos por contato sexual.

E) dois deles são transmitidos pela penetração das larvas na pele.

05. (PUC Minas) É comum às doenças de Chagas e Malária

A) apresentarem ciclo monoxenos.

B) apresentarem protozoários como agentes etiológicos.

C) destruírem as hemácias por ocasião da reprodução.

D) produzirem febres repetidas que se devem às toxinas liberadas.

E) serem transmitidas diretamente pela picada dos vetores.

06. (FCMMG) No ciclo do *Plasmodium*, a forma existente no homem que vai evoluir no inseto vetor, quando este o sugar, é

A) trofozoíto.

B) gametócito.

C) merozoíto.

D) esquizonte.

E) esporozoíto.

07. (UFMG) O organismo que atua como vetor da malária é representado na alternativa

A)

B)

C)

D)

E)

08. (UFMG) Em relação à *Entamoeba histolytica*, a alternativa **CORRETA** é:

A) Pode ser transmitida ao homem através de cistos.

B) Apresenta reprodução sexuada no hospedeiro definitivo.

C) O homem pode se infectar através da ingestão de água e alimentos contaminados com ovos.

D) Pode apresentar reprodução assexuada no vetor.

E) O trofozoíto é uma forma de resistência do parasita.

09. (UFMG)

O vetor da leishmaniose e o agente patogênico dessa endemia, encontrado no hospedeiro vertebrado, estão indicados pelos números

A) 1 e 3.

B) 1 e 5.

C) 2 e 3.

D) 2 e 4.

E) 3 e 5.

10. (UFMS-2009) Com relação aos protozoários que afetam a população brasileira, assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

01. A doença de Chagas, nome adotado em homenagem ao pesquisador Carlos Chagas, é causada pelo protozoário *Trypanosoma cruzi*.

02. A amebíase (Disenteria amebiana) e a giardíase são causadas, respectivamente, pela *Entamoeba histolytica* e pela *Giárdia lamblia*, sendo a transmissão para o ser humano, de ambas as doenças, causada pela ingestão de água e alimentos contaminados por cistos desses protozoários.

04. A leishmaniose tegumentar americana (LTA), conhecida por calazar, é causada pelo protozoário *Leishmania chagasi*.

08. A malária é causada por protozoário do gênero *Plasmodium* do qual existem três espécies encontradas no Brasil: *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae* e *Plasmodium falciparum*.

16. A transmissão da toxoplasmose, causada pelo *Toxoplasma gondii*, é realizada por um mosquito do gênero *Anopheles*, conhecido popularmente como mosquito-prego.

32. A malária é transmitida por um mosquito do gênero *Lutzomyia* (flebótomo), denominado popularmente mosquito-palha.

Dê como resposta a soma dos números das alternativas **CORRETA(S)**

Soma: (   )

11. (UFMA) Assinale a alternativa em que todas as doenças são causadas por protozoários.

A) Malária – doença de Chagas – leishmaniose – amebíase.

B) Malária – doença de Chagas – peste bubônica – amebíase.

C) Malária – febre amarela – doença de Chagas – amebíase.

D) Peste bubônica – doença de Chagas – febre amarela – amebíase.

12. (UnB-DF) *O município de Bauru, no interior de São Paulo, registrou o primeiro caso de leishmaniose em cão. O médico veterinário que atendeu à ocorrência disse que se tratava de leishmaniose visceral (ref.1), doença considerada grave porque é transmissível para humanos e mata na maioria dos casos. O primeiro cão com a doença foi sacrificado pelo veterinário. A suspeita que está sendo investigada é de um segundo cão que vivia no mesmo quarteirão. Se a doença for confirmada na sua forma mais grave, Bauru será a segunda região do estado a ter o registro. O município de Araçatuba já sacrificou este ano 908 cães doentes. A cidade registrou no último mês o primeiro caso no estado da doença em um ser humano.*

Bauru tem suspeita de leishmaniose visceral.
In: *Folha de S. Paulo*, 22 mai. 1999. (Adaptação).

A partir do texto anterior, julgue os itens a seguir.

( ) O adjetivo "visceral" (ref.1) é derivado do substantivo víscera que, anatomicamente, é qualquer órgão alojado na cavidade craniana, torácica ou abdominal.

( ) No ciclo da *Leishmania,* existem dois hospedeiros, um deles vertebrado e o outro invertebrado.

( ) A incidência da leishmaniose no interior do estado de São Paulo indica que essa doença é decorrente da expansão agroindustrial.

( ) Os cães portadores de leishmaniose devem ser sacrificados, pois são vetores dessa doença.

13. (CEFET–2011) Das medidas citadas, aquela que representa um possível combate contra a leishmaniose é a(o)

A) eliminação de barbeiros contaminados.
B) consumo de carne de porco bem passada.
C) saneamento básico em regiões endêmicas.
D) vacinação em massa da população humana.
E) uso de coleiras especiais contra mosquitos em cães.

14. (Unicamp-SP) *Com 12 mil habitantes e arrecadação mensal de R$120 mil, Gouveia, no Alto Jequitinhonha, norte mineiro, tornou-se referência nacional em saúde pública [...]. Até 1979, 42% das casas de Gouveia tinham barbeiro [...] e 22% dos moradores estavam doentes. Em 1995, a Prefeitura anunciou que não houve nenhum novo caso de doença de Chagas, graças, sobretudo, à água potável e à rede de esgoto.*

"Cidade com pouco recurso é modelo de saúde em MG",
Ecologia e Desenvolvimento n. 59, 1996. Adaptação.

A) A erradicação da doença de Chagas em Gouveia não pode ser atribuída às causas apontadas pelo artigo. **INDIQUE** uma forma eficaz de combate a essa doença que possa ter sido utilizada nesse caso.

B) Qual o mecanismo natural de transmissão da doença de Chagas para o ser humano?

C) **CITE** duas doenças parasitárias cuja incidência possa ter diminuído como consequência da melhoria nas redes de água e esgoto.

15. (UFMG) Certa espécie de *Plasmodium* apresenta duas populações distintas de esporozoítos. Uma sofre desenvolvimento imediato no fígado, produzindo merozoítos que invadem as hemácias. A outra população tem desenvolvimento retardado, logo após a invasão das células do parênquima hepático pelos esporozoítos. Essas formas denominadas de "corpos x" ou hipnozoítos são responsáveis pelas recaídas tardias.

I. Considerando as fases assexuada ou sexuada e eritrocítica ou exoeritrocítica do plasmódio, **RESPONDA**:

A) Em quais das fases citadas são encontrados os "corpos x" ou hipnozoítos?

B) Em quais das fases citadas são encontrados os esquizontes?

II. Os oocistos dão origem, por esporogonia, aos ______________________________________.

III. **ESCREVA**, de acordo com as regras de nomenclatura, o nome de uma espécie em que ocorre a fecundação dos gametas de um dos agentes etiológicos da malária.

IV. **CITE** uma maneira pela qual se pode interromper a transmissão da malária ao homem.

V. **CITE** uma causa da anemia observada na espécie humana, após os acessos febris da malária.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem–2003) A malária é uma doença típica de regiões tropicais. De acordo com dados do Ministério da Saúde, no final do século XX, foram registrados mais de 600 mil casos de malária no Brasil, 99% dos quais na região amazônica.

Os altos índices de malária nessa região podem ser explicados por várias razões, entre as quais:

A) As características genéticas das populações locais facilitam a transmissão e dificultam o tratamento da doença.

B) A falta de saneamento básico propicia o desenvolvimento do mosquito transmissor da malária nos esgotos não tratados.

C) A inexistência de predadores capazes de eliminar o causador e o transmissor em seus focos impede o controle da doença.

D) A temperatura elevada e os altos índices de chuva na floresta equatorial favorecem a proliferação do mosquito transmissor.

E) O Brasil é o único país do mundo que não implementou medidas concretas para interromper sua transmissão em núcleos urbanos.

02. (Enem–1998) Em uma aula de Biologia, o seguinte texto é apresentado:

Lagoa Azul está doente

Os vereadores da pequena cidade de Lagoa Azul estavam discutindo a situação da saúde no Município. A situação era mais grave com relação a três doenças: doença de Chagas, esquistossomose e ascaridíase (lombriga). Na tentativa de prevenir novos casos, foram apresentadas várias propostas:

Proposta 1: Promover uma campanha de vacinação.

Proposta 2: Promover uma campanha de educação da população em relação a noções básicas de higiene, incluindo fervura de água.

Proposta 3: Construir rede de saneamento básico.

Proposta 4: Melhorar as condições de edificação das moradias e estimular o uso de telas nas portas e janelas e mosquiteiros de filó.

Proposta 5: Realizar campanha de esclarecimento sobre os perigos de banhos nas lagoas.

Proposta 6: Aconselhar o uso controlado de inseticidas.

Proposta 7: Drenar e aterrar as lagoas do município.

Você sabe que a doença de Chagas é causada por um protozoário (*Trypanosoma cruzi*) transmitido por meio da picada de insetos hematófagos (barbeiros). Das medidas propostas no texto "Lagoa Azul está doente", as mais efetivas na prevenção dessa doença são

A) 1 e 2.

B) 3 e 5.

C) 4 e 6.

D) 1 e 3.

E) 2 e 3.

GABARITO

Fixação

01. E
02. B
03. E
04. A
05. D

Propostos

01. A
02. B
03. B
04. B
05. B
06. B
07. E
08. A
09. A
10. Soma = 11
11. A
12. V V F F
13. E
14. A) Pode ter sido feito uso de inseticidas para combater os "barbeiros" transmissores da doença de Chagas.

    B) A transmissão se dá pelo contato, no local da picada, com fezes de "barbeiros" contaminadas com o *Trypanosoma cruzi*.

    C) Amebíase, giardíase, febre tifoide, disenterias bacterianas e cólera, entre outras.
15. I. A) São encontradas na fase assexuada e na fase exoeritrocítica.

       B) Na fase assexuada e fases exoeritrocítica e eritrocítica.

    II. Esporozoítos.

    III. *Anopheles darlingi*.

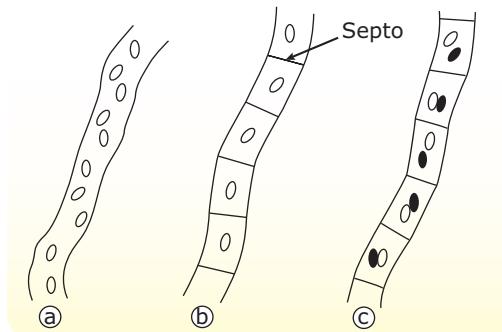
    IV. Deve-se combater os mosquitos vetores (mosquitos anofelinos).

    V. A anemia ocorre devido à destruição (lise) de grande número de hemácias.

Seção Enem

01. D
02. C

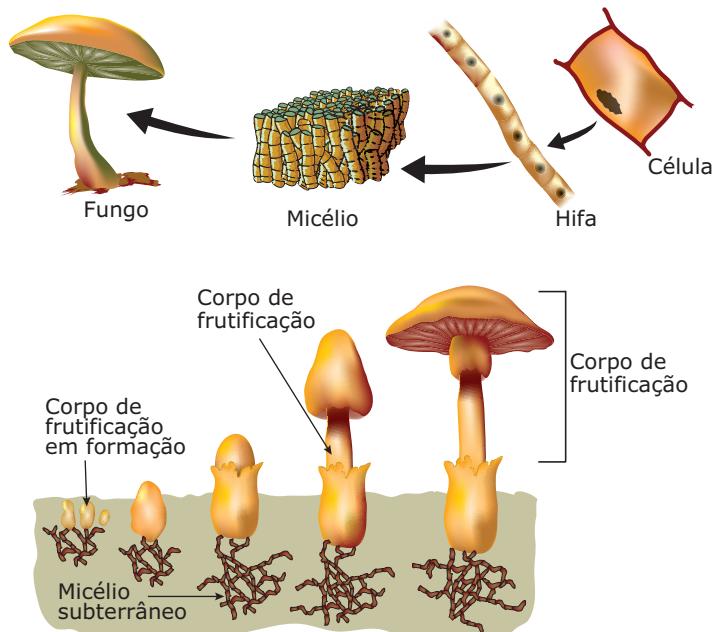
BIOLOGIA

MÓDULO 07 FRENTE C

Fungos

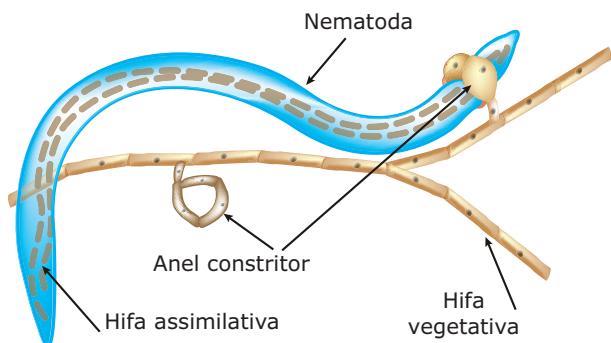
Denomina-se micologia o estudo dos fungos. Durante muito tempo, foram classificados como vegetais aclorofilados, posteriormente, foram incluídos no reino Protista. Nos sistemas mais modernos de classificação, formam um reino só deles: o reino Fungi.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os fungos ou micófitos são seres unicelulares ou pluricelulares, eucariontes, heterótrofos, aeróbios ou anaeróbios, encontrados nos mais variados ambientes, preferencialmente os úmidos e ricos em matéria orgânica. De morfologia e tamanhos variados, esses seres apresentam desde espécies microscópicas, como as leveduras unicelulares, até espécies macroscópicas, como os *champignons* (cogumelos comestíveis).

Os pluricelulares são filamentosos, isto é, as células se organizam formando filamentos denominados hifas que podem ser asseptadas ou septadas.

- **Hifas asseptadas ou cenocíticas**: não possuem septos transversais. Nesse caso, as hifas apresentam vários núcleos haploides dispersos em uma massa citoplasmática comum.
- **Hifas septadas**: apresentam septos ou paredes transversais, separando as células. Nesse caso, as células podem apresentar um ou dois núcleos haploides.

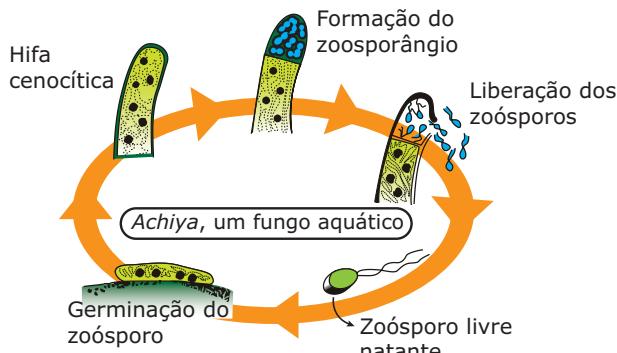
Tipos de hifas *– a. Hifa asseptada ou cenocítica; b. Hifa septada com células mononucleadas ou hifa unicariótica; c. Hifa septada com células binucleadas ou hifa dicariótica.*

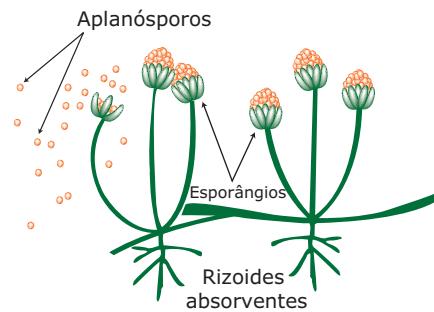
O conjunto de hifas de um fungo recebe o nome de micélio. No micélio, existem hifas vegetativas, encarregadas da nutrição, e hifas reprodutoras, especializadas na reprodução. Em certos tipos de fungos, o micélio se organiza formando um talo ou corpo de frutificação de morfologia variada que cresce e aflora à superfície do solo ou de um tronco podre. Esse corpo de frutificação, quando presente, desenvolve-se a partir de um vasto micélio subterrâneo.

A parede celular das células dos fungos é rígida, sendo constituída basicamente por quitina, um polissacarídeo nitrogenado que também é encontrado no exoesqueleto dos animais artrópodes. Os fungos não têm celulose na sua parede celular, exceto alguns fungos aquáticos.

Não armazenam amido como substância de reserva. À semelhança do que ocorre nos animais, os fungos armazenam glicogênio em suas células.

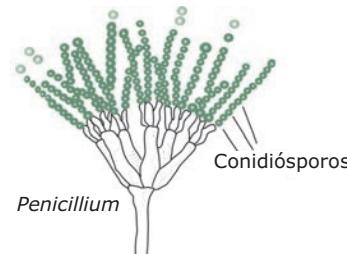
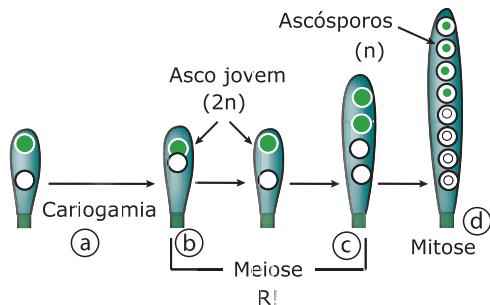
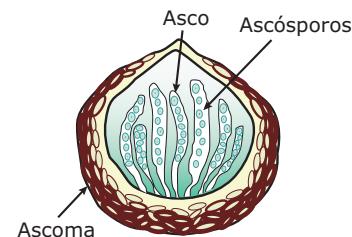
São seres aclorofilados, heterótrofos. Muitos são saprófagos e crescem sobre os mais variados substratos orgânicos, como restos de vegetais em apodrecimento, animais mortos, fezes, etc., promovendo a decomposição desses organismos. Tais fungos realizam digestão extracorpórea, liberando enzimas que digerem o substrato orgânico e absorvem, em seguida, as substâncias provenientes da digestão. Algumas espécies de fungos vivem associadas a outros seres vivos, mantendo com estes relações de mutualismo ou de parasitismo. Existem ainda poucas espécies que são predadoras de pequenos animais, geralmente, vermes nematódeos encontrados no solo e em raízes apodrecidas. Nessas raras espécies predadoras, um dos mecanismos de captura do

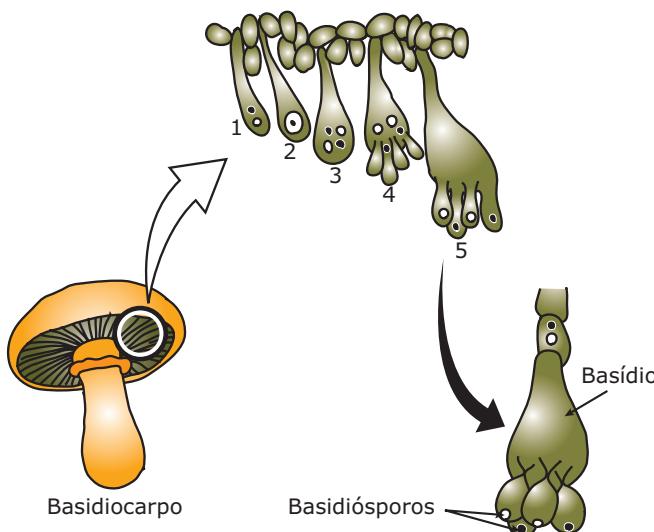
alimento consiste na produção de uma substância viscosa sobre a superfície das hifas, à qual ficam presos pequenos vermes. A seguir, o fungo emite hifas que penetram no corpo do verme e absorvem os seus tecidos, conforme ilustrado na figura a seguir:

Nematoda capturado por fungo. *Observe a presença de hifas no interior do corpo do nematoda, absorvendo seus tecidos.*

Acredita-se que os fungos tenham evoluído a partir de algas, tendo, no entanto, perdido a condição autótrofa.

A reprodução pode ser assexuada ou sexuada e, quase sempre, envolve a participação de esporos.

Os esporos dos fungos são células haploides que, ao germinarem, dão origem a um indivíduo haploide. No quadro a seguir, estão os principais tipos de esporos formados pelos fungos.

Tipos de esporos	
No processo de formação, não ocorre meiose, apenas mitose.	No processo de formação, ocorre meiose.
Zoósporos Aplanósporos Conidiósporos	Ascósporos Basidiósporos

- **Zoósporos** – Dotados de flagelos, os zoósporos são esporos móveis encontrados em fungos aquáticos e formados no interior de estruturas especiais denominadas zoosporângios.

- **Aplanósporos** – Sem mobilidade própria, esse tipo de esporo é transportado pelo vento e produzido no interior de estruturas denominadas esporângios.

Rhizopus* (*bolor preto de pão*), *um fungo terrestre – *Esse fungo possui hifas especiais, denominadas rizoides, que penetram no substrato, participando do processo de absorção de alimentos.*

- **Conidiósporos** – Também sem mobilidade própria, sendo transportados pelo vento, os conidiósporos são menores do que os aplanósporos e produzidos em filas, na extremidade das hifas.

- **Ascósporos** – Geralmente em número de oito, os ascóporos são formados no interior de uma estrutura denominada asco.

Formação dos ascósporos – *As hifas responsáveis pela formação dos ascósporos são do tipo dicarióticas. Inicialmente, nessas hifas ocorre a fusão dos dois núcleos haploides (n), originando um núcleo diploide (2n). Em seguida, esse núcleo diploide sofre uma meiose, formando quatro núcleos haploides. Esses quatro núcleos haploides sofrem mitose, originando dentro do asco oito ascósporos haploides.*

a *- Fusão de núcleos haploides;* ***b*** *- Núcleo diploide;* ***c*** *- Final da meiose, com 4 núcleos haploides;* ***d*** *- Após mitose, 8 ascósporos no interior do asco*

- **Basidiósporos** – Em número de quatro, os basidiósporos são formados numa célula fértil claviforme, denominada basídio e localizada na extremidade de uma hifa.

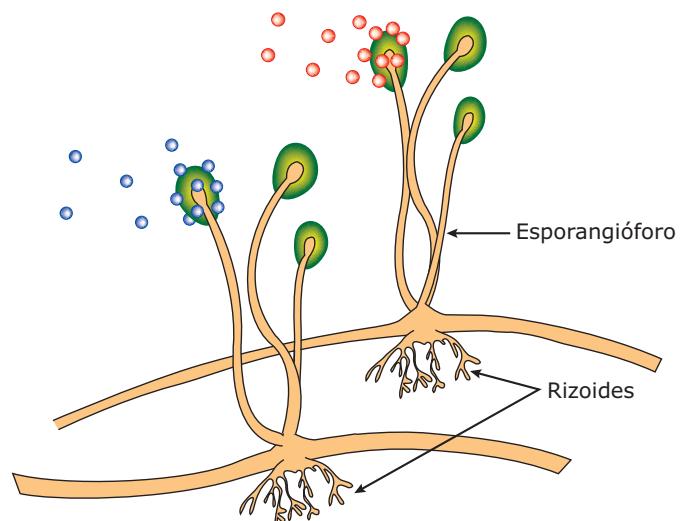
Formação dos basidiósporos *–*

1. *No basídio, ocorre a cariogamia (fusão dos núcleos).*

2. *Formação de um núcleo diploide (2n).*

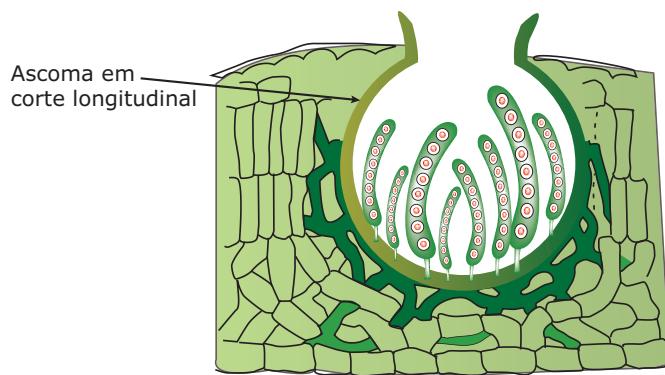
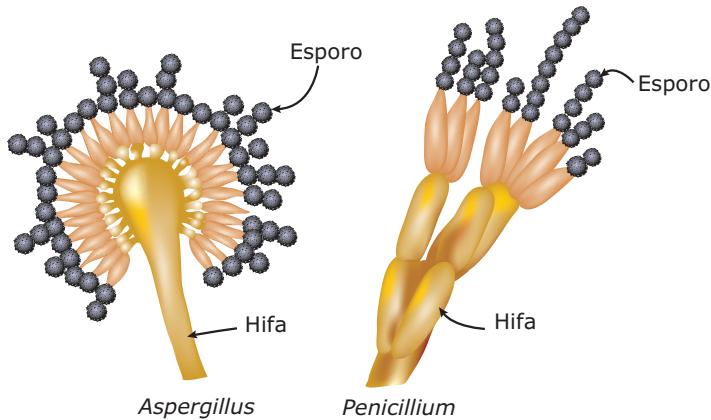
3. *Por meiose, o núcleo diploide dá origem a quatro núcleos haploides (n).*

4 *e* ***5.*** *Cada núcleo haploide, assim formado, dará origem a um esporo (basidiósporo).*

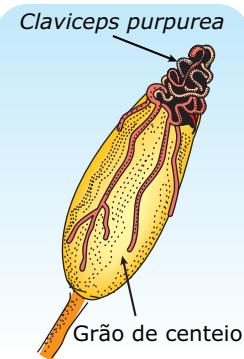
CLASSIFICAÇÃO DOS FUNGOS

O reino Fungi pode ser subdivido em Mixomycota e Eumycota.

I) Mixomycota – Os fungos mixomicetos têm aspecto gelatinoso (fungos gelatinosos) e, às vezes, são intensamente coloridos. Não possuem parede celular e, em determinado estágio de sua vida, são constituídos por uma massa citoplasmática multinucleada do tipo plasmódio. São, portanto, fungos cenocíticos, sem hifas. Em outras fases de sua vida, lembram protozoários flagelados e ameboides (amebas). Vivem em matas úmidas e sombreadas, sobre folhas caídas e troncos apodrecidos. Muitos autores os incluem no reino Protista, por sua semelhança, em certa fase da vida, com as amebas e os protozoários flagelados.

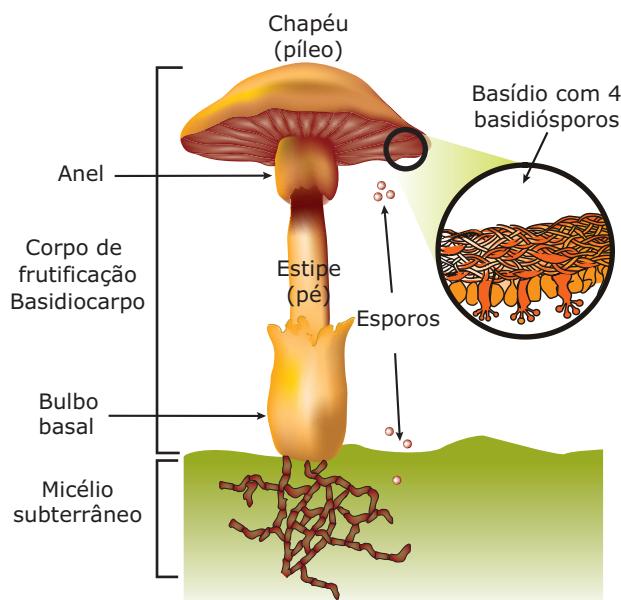
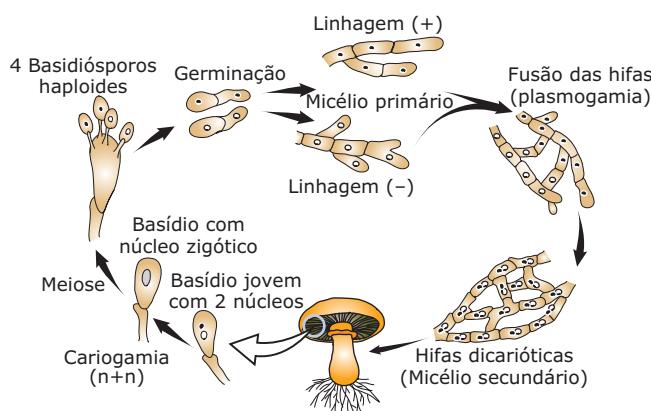
II) Eumycota – Os eumicetos ou fungos verdadeiros podem ser distribuídos em quatro grupos:

A) Zigomicetos (Ficomicetos) – Possuem hifas cenocíticas, isto é, hifas asseptadas. Podem ser aquáticos ou terrestres. Nesse grupo, a reprodução envolve processos sexuados e assexuados. Nos aquáticos, a reprodução envolve a formação de zoósporos, enquanto nos terrestres os esporos são do tipo aplanósporos.

Algumas espécies são responsáveis pelo mofo ou bolor de muitos alimentos. Entre elas, destaca-se o *Rhizopus stolonifer*, mais conhecido por mofo ou bolor negro do pão.

Rhizopus stolonifer *(bolor preto do pão)*

B) Ascomicetos (Ascomycota) – Fungos unicelulares ou filamentosos com hifas septadas, suas espécies mais simples estão representadas pelas leveduras (lêvedos), como o *Saccharomyces cerevisiae*, também conhecido por levedura da cerveja. Essas leveduras são organismos unicelulares haploides (n) ou diploides (2n). Quando haploides, reproduzem-se assexuadamente por brotamento. Quando diploides, também podem reproduzir-se por brotamento, mas, em certas ocasiões, podem formar ascósporos e se reproduzir sexuadamente.

Os ascomicetos pluricelulares possuem hifas septadas. Algumas hifas especiais se diferenciam, assumindo uma forma de saco, conhecido por asco, em cujo interior são produzidos os ascósporos. O conjunto dos ascos de um micélio recebe o nome de ascocarpo (ascoma), que é um corpo de frutificação.

No grupo dos ascomicetos, existem espécies que, além dos ascósporos, também produzem conidiósporos. Isso acontece, por exemplo, com as espécies dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*.

***Aspergillus* e *Penicillium*, ascomicetos que também produzem conidiósporos** – *No gênero* Penicillium, *encontram-se espécies produtoras de antibióticos, como o* Penicillium notatum *(produtor do antibiótico penicilina) e espécies utilizadas na fabricação de queijos famosos, como o* Penicillium roquefortii *e o* Penicillium camembertii, *utilizados, respectivamente, na fabricação dos queijos "Roquefort" e "Camembert".*

No gênero Aspergillus, *estão algumas espécies que produzem bolores marrons ou verde-azulados, comuns no pão, nas frutas e em outros alimentos. Também estão espécies que provocam doenças graves no homem, como o* Aspergillus fumigans, *que causa a aspergilose pulmonar, determinando, muitas vezes, quadros pulmonares bastante sérios.*

Também no grupo dos ascomicetos encontra-se a espécie *Claviceps purpurea*, que cresce sobre os grãos de centeio e elabora uma substância denominada ergotamina, da qual se extrai o LSD (do inglês *lysergic sour diethylamide*, dietilamida do ácido lisérgico), um poderoso alucinógeno.

Claviceps purpurea, *fungo do qual se extrai o LSD. Notar o micélio do fungo crescendo sobre o grão de cereal.*

C) Basidiomicetos – Formam o grupo mais evoluído de fungos. Acredita-se que tenham se originado dos ascomicetos. Os cogumelos e as orelhas-de-pau são os seus representantes mais conhecidos.

Os basidiomicetos são fungos filamentosos com hifas septadas. No micélio, a parte vegetativa geralmente é subterrânea, estendendo-se, muitas vezes, por vários metros abaixo do solo. Desse micélio subterrâneo, emerge um corpo de frutificação denominado basidiocarpo, constituído pelo estipe (pé) e pelo píleo (chapéu). No seu "chapéu", o basidiocarpo contém inúmeras hifas de reprodução denominadas basídios, onde são produzidos esporos, os basidiósporos.

Ao se destacarem do basídio, os basidiósporos são disseminados pelo vento e, ao caírem num meio que lhes seja favorável, germinam e originam hifas septadas monocarióticas. Da fusão de duas hifas monocarióticas, surge uma hifa dicariótica, que, desenvolvendo-se, origina um novo micélio. Para melhor exemplificar o ciclo de vida de um basidiomiceto, vamos considerar o ciclo dos representantes do gênero *Agaricus* que está esquematizado a seguir:

Ciclo de vida de um Basidiomiceto *– No basidiocarpo, os basídios, localizados na face inferior do "chapéu", formam os basidiósporos, que, ao se destacarem e caírem num solo rico em substâncias orgânicas, originam micélios subterrâneos constituídos por hifas septadas monocarióticas. Da fusão de duas hifas pertencentes a micélios diferentes (heterotalismo), surgem hifas dicarióticas. Essa fusão de duas hifas tem o nome de plasmogamia. Do micélio subterrâneo, constituído por hifas dicarióticas, emerge o basidiocarpo (corpo de frutificação). Em hifas especiais desse basidocarpo, isto é, nos basídios, os dois núcleos haploides se unem (cariogamia), formando um núcleo diploide (2n), que, sofrendo meiose, dará origem a quatro basidiósporos haploides (n).*

Entre as muitas espécies de basidiomicetos, destacam-se:

- *Agaricus campestris* – Espécie comestível, conhecida também por *champignon*. É rica em proteínas, vitaminas do complexo B e sais minerais, contendo fósforo e potássio.
- *Amanita muscaria* – Cogumelo venenoso que, quando ingerido, causa distúrbios hepáticos e intestinais.
- *Psilocybe mexicana* – Essa espécie é produtora de uma substância alucinógena, a psilocibina ou psilocibin.
- *Polyporus* sp – Popularmente, são conhecidos por "orelhas-de-pau". Seus micélios vegetativos crescem no interior de troncos podres. O corpo de frutificação se apresenta sob a forma de grossas lâminas semicirculares.

D) **Deuteromicetos** – Os deuteromicetos ou "fungos imperfeitos" são aqueles de que não se conhecem modalidades sexuadas de reprodução. Muitos fungos foram inicialmente classificados como deuteromicetos, mas, ao serem descobertos processos sexuados durante sua reprodução, foram reclassificados e incluídos em outros grupos. Nesse grupo, são encontradas diversas espécies patogênicas para o homem. Entre elas, destacam-se a *Candida albicans*, responsável pela candidíase bucal ("sapinho") e pela candidíase vaginal (vulvovaginite com corrimento esbranquiçado).

UTILIDADES E NOCIVIDADES DOS FUNGOS

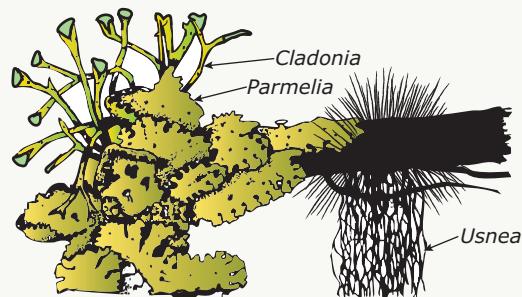
No grande reino dos fungos, muitas espécies se destacam pelas utilidades que trazem ao homem e ao meio ambiente. Por outro lado, algumas espécies também se destacam por serem prejudiciais ao homem, a outros animais e às plantas.

Utilidades

- Atuam como decompositores, tendo, portanto, papel importante na reciclagem da matéria nos ecossistemas e no enriquecimento do meio abiótico com nutrientes minerais, indispensáveis ao desenvolvimento dos produtores.
- Alguns vivem associados com raízes de plantas formando as micorrizas, relação em que há uma troca mútua de benefícios. As raízes das plantas absorvem parte dos nutrientes minerais provenientes da degradação dos restos de matéria orgânica do solo realizada pelos fungos e, em troca, as plantas cedem açúcares produzidos pela fotossíntese para os fungos. Esse tipo de associação tem uma importância relevante na agricultura, uma vez que disponibiliza mais nutrientes minerais para o desenvolvimento das plantas cultivadas.

- Muitas espécies são utilizadas na alimentação, como acontece com o basidiomiceto *Agaricus campestris* (*champignon*) e o ascomiceto *Morchella esculenta*.
- Muitas espécies fermentadoras são utilizadas industrialmente na produção de certos tipos de queijos (Camembert, Roquefort, Gorgonzola) e bebidas alcoólicas (cervejas, vinhos). Certas leveduras, conhecidas também por fermentos biológicos, são utilizadas na fabricação de pães, bolos e biscoitos.
- Algumas espécies servem como matéria-prima para a extração de drogas de interesse médico-farmacêutico. É o caso, por exemplo, dos fungos utilizados na fabricação de antibióticos.
- Muitas espécies se constituem ótimo material para estudo do código genético, ação gênica e recombinação genética, e, por isso, são muito utilizadas em Genética, Citologia e Bioquímica.

Nocividades

- Algumas espécies produzem toxinas prejudiciais ao nosso metabolismo e, por isso, tornam-se venenosas quando ingeridas, causando distúrbios hepáticos e intestinais. As aflatoxinas, por exemplo, são produzidas por diversos fungos, em especial o *Aspergillus flavus*. Esse fungo é um bolor que ataca as sementes de muitas leguminosas (feijão, soja, amendoim) e gramíneas (milho, arroz, trigo). As sementes emboloradas usadas na produção de ração animal têm causado graves intoxicações, lesões hepáticas e até a morte dos mais variados animais, como aves, porcos e bezerros.
- Algumas espécies produzem substâncias alucinógenas, como a ergotamina (substância da qual se sintetiza o LSD) fabricada pelo ascomiceto *Claviceps purpurea*.
- Muitas formas de alergias que afetam o sistema respiratório são provocadas por esporos de fungos existentes na poeira, especialmente os dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*.
- Muitas espécies parasitam plantas, causando doenças conhecidas genericamente por fitomicoses, que trazem muitas vezes grandes prejuízos às plantações. Entre essas fitomicoses, pode-se citar a ferrugem do café, o cancro da maçã e a podridão da batata.
- Muitas espécies são agentes etiológicos de várias doenças que acometem o homem e outros animais. Essas doenças causadas por fungos são chamadas genericamente de micoses. Veja no quadro a seguir alguns exemplos de micoses que acometem a espécie humana:

MICOSES E FUNGOS CAUSADORES

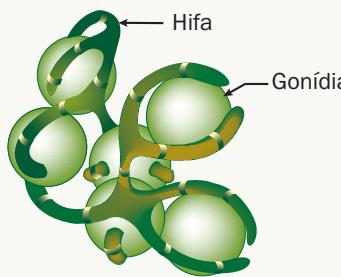
Sapinho (candidíase) – *Candida albicans*

Frieira (pé de atleta, *Tinea pedis*) – *Trichophyton purpureum*

Pelada (quebra dos pelos) – *Piedraia hortai*

Aspergilose pulmonar – *Aspergillus fumigatus*

Micoses da pele – *Epidermophyton floccosum*

LEITURA COMPLEMENTAR

Os Liquens

Os liquens ou líquenes são associações do tipo mutualismo entre fungos e cianobactérias ou entre fungos e algas. Assim, distinguimos nessa associação o micobionte (o fungo) e o ficobionte (a alga). Os fungos presentes nos liquens, geralmente, são ascomicetos, enquanto as algas estão representadas pelas clorofíceas. As hifas dos fungos revestem e protegem as gonídias (células das algas), formando com elas um conjunto tão homogêneo e harmonioso que dá ao líquen o aspecto de um organismo único. Além de dar proteção às células das algas, os fungos fornecem água e minerais para que elas, por meio da nutrição autótrofa, possam fabricar alimentos. Parte do alimento fabricado pelas algas é, então, fornecido aos fungos.

Liquens *– Os liquens podem ser encontrados no solo, sobre tronco de árvores, superfícies de rochas, etc., e apresentam diversos aspectos macroscópicos, conforme mostra a figura anterior.*

A reprodução dos liquens comumente envolve fragmentos denominados sorédios. Cada sorédio é formado por grupos de algas envoltas por algumas hifas de fungos. Tais fragmentos são dispersos pelo vento e, caindo em um substrato favorável, originam novos liquens.

Sorédios *– A reprodução dos liquens se faz por meio de sorédios, minúsculas estruturas, quase microscópias, contendo algumas hifas e algumas gonídias, que são transportados pelo vento, que age, portanto, como veículo de dispersão dos liquens.*

Os liquens são ótimos indicadores dos níveis de poluição atmosférica, especialmente pelo SO_2. Assim, a presença de liquens sugere baixo índice de poluição, enquanto o desaparecimento sugere agravamento da poluição ambiental.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

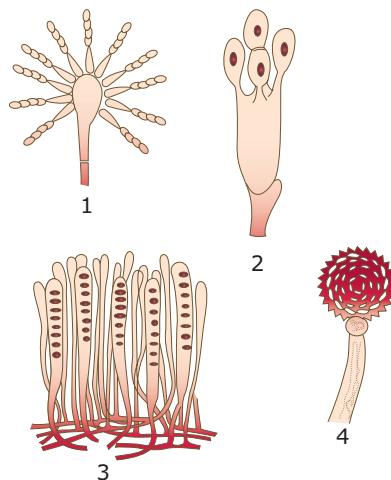
01. (UNEB-BA) Qual dos seguintes termos jamais pode ser usado com referência a um fungo?

A) Simbionte

B) Consumidor

C) Decompositor

D) Parasita

E) Produtor

02. (UFRN) Uma das doenças do algodoeiro é provocada pelo acúmulo de micélios e esporos de um fungo do gênero *Fusarium* no interior dos vasos da planta, prejudicando o fluxo de seiva. Para o fungo, essas estruturas são importantes, pois estão relacionadas, respectivamente, com

A) fixação e digestão.

B) crescimento e reprodução.

C) dispersão e toxicidade.

D) armazenamento e respiração.

03. (UFMG) Todas as alternativas apresentam atividades que alguns fungos podem realizar, **EXCETO**

A) produzir álcool na indústria.

B) produzir antibióticos para controle de doenças.

C) produzir enzimas para controle biológico.

D) produzir glicose para obtenção de energia.

E) promover decomposição de matéria orgânica.

04. (PUC-Campinas-SP) Faça a associação **CORRETA**.

A) 1 - Ascomiceto;
2 - Basidiomiceto;
3 - Ascomiceto;
4 - Ficomiceto.

B) 1 - Ascomiceto;
2 - Ascomiceto;
3 - Deuteromiceto;
4 - Basidiomiceto.

C) 1 - Ficomiceto;
2 - Basidiomiceto;
3 - Ascomiceto;
4 - Líquen.

D) 1 - Ascomiceto;
2 - Ficomiceto;
3 - Deuteromiceto;
4 - Basidiomiceto.

E) N.d.a.

05. (UFPR) Fazendo-se um corte do talo de um líquen e observando-o sob o microscópio, consegue-se reconhecer pequenas formações verdes arredondadas. Nos itens a seguir, essas formações são interpretadas como

A) esporos da alga, que o fungo não conseguiu digerir.

B) algas, componentes normais do líquen.

C) os esporos do fungo, produzidos normalmente.

D) cloroplastos, ingeridos pelo fungo, do vegetal parasitado.

E) gotas de pigmento, resultante da digestão da alga cativada pelo fungo.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Minas–2006) Os fungos, popularmente conhecidos por bolores, mofos, fermentos, lêvedos, orelhas-de-pau, trufas e cogumelos-de-chapéu, apresentam grande variedade de vida. É correto afirmar sobre os fungos, **EXCETO**

A) são organismos pioneiros na síntese de matéria orgânica para os demais elementos da cadeia alimentar.

B) os saprófitas são responsáveis por grande parte da degradação da matéria orgânica, propiciando a reciclagem de nutrientes.

C) podem provocar nos homens micoses na pele, no couro cabeludo, na barba, na unhas e nos pés.

D) podem participar de interações mutualísticas como as que ocorrem nas micorrizas e nos liquens.

02. (PUC Minas) Os fungos apresentam importância variada em muitos aspectos. São atividades dos fungos, **EXCETO**

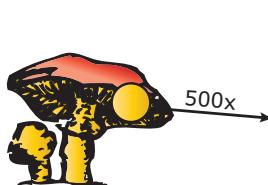
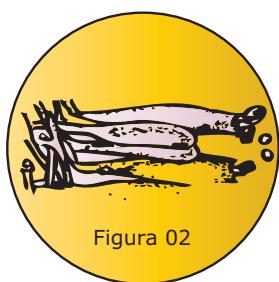
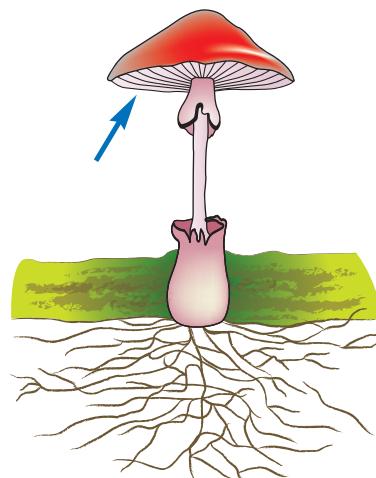
A) provocar doenças em plantas e animais.

B) causar difteria no homem.

C) produzir antibióticos usados no tratamento de certas doenças.

D) ser utilizados na produção de alimentos.

E) participar de processos de decomposição junto com bactérias.

03. (UFMG) Observe as figuras:

A estrutura indicada na figura 2 possui a função de

A) fotossíntese.

B) nutrição.

C) reprodução.

D) respiração.

E) sustentação.

04. (UFMG) Observe a figura.

Todas as alternativas apresentam substâncias que podem ser encontradas na estrutura indicada pela seta, **EXCETO**

A) amido.

B) glicogênio.

C) proteínas.

D) sais minerais.

E) vitaminas.

05. (UFMG) Casacos de lã, sapatos de couro e cintos de algodão guardados por algum tempo em armário podem ficar mofados, pois os fungos necessitam de

A) algas simbióticas para digerir o couro, a lã e o algodão.

B) baixa luminosidade para realizar fotossíntese.

C) baixa umidade para se reproduzirem.

D) substrato orgânico para o desenvolvimento adequado.

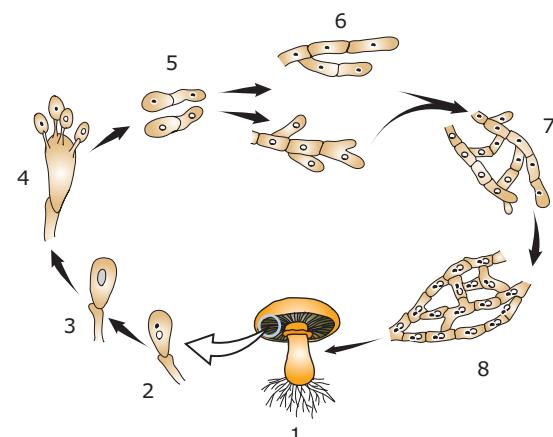
06. (UFJF-MG) Os fungos são organismos de grande importância para o equilíbrio ambiental, por serem decompositores. Sobre os fungos, é **CORRETO** afirmar que

A) formam as micorrizas em associação simbiótica com as cianofíceas, também conhecidas como cianobactérias.

B) reproduzem-se assexuadamente por hifas flageladas.

C) armazenam glicogênio e apresentam a parede celular constituída por quitina.

D) são heterótrofos por absorção e apresentam digestão intracorpórea.

E) reproduzem-se sexuadamente através de sorédios haploides.

07. (VUNESP-SP) A parte comestível do cogumelo (*champignon*) corresponde ao

A) micélio monocariótico do ascomiceto.

B) corpo de frutificação do ascomiceto.

C) micélio monocariótico do basidiomiceto.

D) corpo de frutificação do basidiomiceto.

E) sorédio do fungo.

08. (UFPE–2009) Os fungos têm grande importância na agricultura, na indústria e na medicina. Sobre essa questão, assinale como **VERDADEIRO** (**V**) ou **FALSO** (**F**) o que é afirmado a seguir.

( ) Sua importância para a agricultura é reconhecida devido às doenças causadas em plantas cultivadas, por exemplo milho, feijão, batata, café e algodão. Além disso, os fungos causam prejuízos na conservação de sementes, por exemplo *Aspergillus flavus,* que produz potentes toxinas que podem causar lesões hepáticas graves.

( ) Os fungos também são aliados dos interesses humanos na agricultura. É o caso da associação de fungos com as raízes da planta hospedeira formando micorrizas, em que os fungos obtêm nutrientes e aumentam a capacidade de absorção de sais minerais do solo pelas raízes.

( ) Doenças causadas por fungos, que são chamadas micoses, ocorrem no homem; as mais comuns são o "sapinho", ou a candidíase, causada pelo fungo *Candida albicans*, e a "frieira" ou pé de atleta, provocada pelo fungo *Tinea pedis*.

( ) Na fabricação do álcool e de bebidas alcoólicas, como o vinho e a cerveja, é fundamental a participação dos fungos da espécie *Agaricus campestris*, que realizam fermentação alcoólica, convertendo açúcar em álcool etílico.

( ) Os fungos são enquadrados num reino exclusivo: o reino Fungi, devido às suas especificidades. Sua reprodução normalmente envolve esporos, como ocorre entre algumas plantas; mas armazenam glicogênio e, como os animais, apresentam nutrição heterótrofa.

09. (PUC Minas) O desenho a seguir representa o ciclo de produção de um fungo:

De acordo com a numeração indicada, é **CORRETO** afirmar que

A) 6 representa hifas diploides.

B) 8 representa hifas cenocíticas.

C) 4 representa um basídio.

D) 2 representa um gametângio.

E) de 5 para 6 ocorre a meiose.

10. (PUC-PR–2011) Os líquenes estão entre os primeiros seres a ocuparem novas superfícies por serem nutricionalmente autossuficientes. Isso se deve, entre outras causas, ao fato de constituírem-se de uma associação entre

A) bactérias aeróbias e fungos filamentosos com grande capacidade fotossintetizante.

B) cianobactérias ou algas verdes e fungos com grande capacidade de absorção de água e de sais minerais.

C) algas e fungos com grande capacidade de absorção de CO_2.

D) algas verdes e cianobactérias que fazem fotossíntese.

E) protistas heterotróficos por absorção e protistas autotróficos por fotossíntese.

11. (FCMMG) Esporos externos, produzidos em cadeia, na extremidade das hifas de certos fungos, são

A) zoósporos.

B) conidiósporos.

C) esporangiósporos.

D) ascósporos.

E) basidiósporos.

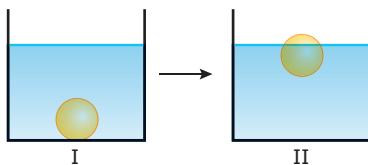
12. (UFMG) É uma característica exclusiva dos fungos o fato de

A) apresentarem glicogênio como produto de reserva.

B) possuírem quitina como revestimento.

C) apresentarem micélio.

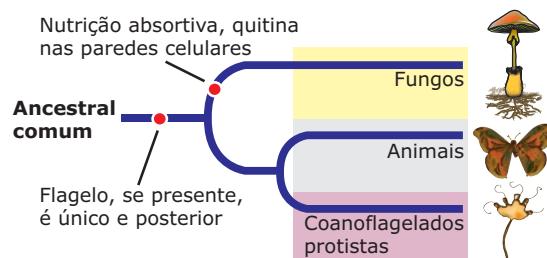
D) serem parasitas.

E) possuírem esporos.

13. (FUVEST-SP) O molho de soja mofado vem sendo usado na China, há mais de 2 500 anos, no combate a infecções de pele. Durante a Segunda Guerra Mundial, prisioneiros russos das prisões alemãs, que aceitavam comer pão mofado, sofriam menos infecções de pele que os demais prisioneiros, os quais recusavam esse alimento.

A) O que é o mofo?

B) Por que esses alimentos mofados podem combater as infecções de pele?

14. (UFRJ) A produção de vinho é um dos exemplos mais antigos de biotecnologia. O livro do "Gênesis" já nos fala da embriaguez de Noé. Embora vários fatores devam ser levados em conta na produção de um bom vinho (como a cor, o aroma, o sabor, etc.), o processo depende, essencialmente, da degradação do suco das uvas por leveduras anaeróbias facultativas, presentes na casca do fruto. Na fermentação, nome dado a esse processo, o açúcar da uva é degradado a álcool etílico (etanol). **EXPLIQUE** por que se evita, na produção de vinho, o contato do suco de uva com o ar.

SEÇÃO ENEM

01. Considere que na fabricação de pão caseiro são utilizados os seguintes ingredientes: farinha de trigo, leite, ovos, manteiga, sal, açúcar e fermento biológico. A mistura desses ingredientes forma uma massa, da qual se retira uma pequena amostra em forma de "bola" que é mergulhada em um copo contendo água e que afunda. Após certo tempo, essa "bola" de massa sobe, conforme mostram as ilustrações a seguir:

Sabendo-se que a subida da "bola" se deu devido a uma alteração da densidade e que essa alteração da densidade deve-se a um processo de fermentação com produção de gás carbônico que, acumulando-se em cavidades no interior da massa, faz a "bola" subir, é correto dizer que a referida fermentação

A) não depende da existência de qualquer organismo vivo.

B) é realizada por leveduras.

C) depende da presença de lactobacilos no leite.

D) usa como substrato as proteínas dos ovos.

E) transforma a glicose da farinha de trigo em amido.

02. A figura a seguir mostra os fungos no contexto evolutivo.

Embora muitas pessoas acreditem que uma salada contendo cogumelos é um prato 100% vegetariano, a análise das características genéticas dos fungos (grupo ao qual pertencem os cogumelos) mostra que esses seres vivos estão mais próximos evolutivamente dos animais do que dos vegetais.

Entre as características que identificam os fungos com os animais estão

A) a nutrição autótrofa, a ausência de clorofila e o glicogênio como material de reserva.

B) a nutrição autótrofa, a presença de clorofila e o amido como material de reserva.

C) a nutrição heterótrofa, a ausência de clorofila e o glicogênio como material de reserva.

D) a nutrição heterótrofa, a ausência de clorofila e o amido como material de reserva.

E) a nutrição mixotrófica, ausência de clorofila e o glicogênio como material de reserva.

GABARITO

Fixação

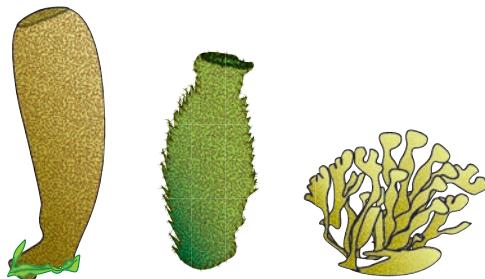
01. E 02. B 03. D 04. A 05. B

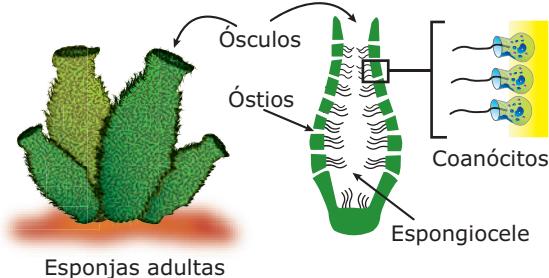
Propostos

01. A
02. B
03. C
04. A
05. D
06. C
07. D
08. V V V F V
09. C
10. B
11. B
12. C
13. A) O mofo é um tipo de fungo.
    B) Alguns fungos sintetizam e liberam substâncias de ação antibiótica que impedem a proliferação de bactérias, inclusive as que causam infecções de pele.
14. Como o levedo é um organismo anaeróbio facultativo, a entrada de ar resulta na respiração aeróbia, levando à produção de água e gás carbônico, sem a produção de álcool. Na ausência do ar, a levedura obtém energia anaerobicamente, através da fermentação alcoólica que produz, e libera álcool etílico.

Seção Enem

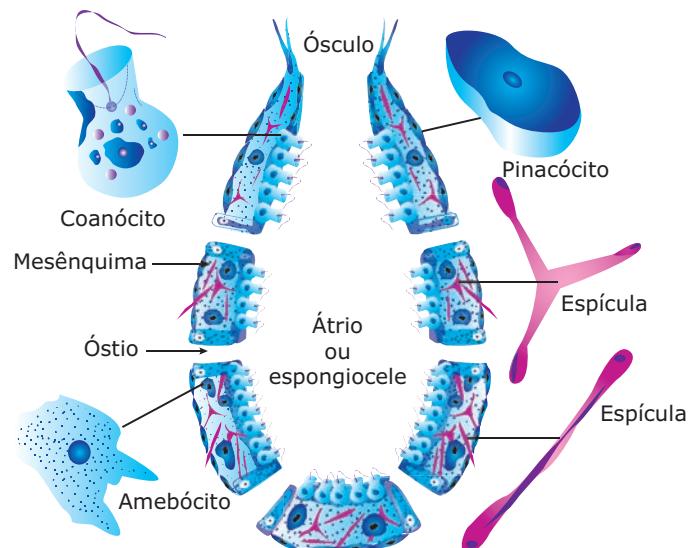
01. B 02. C

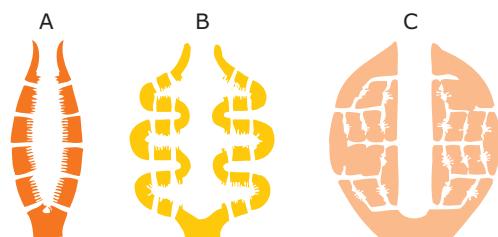
BIOLOGIA

MÓDULO 08 FRENTE C

Poríferos e celenterados

PORÍFEROS (ESPONGIÁRIOS, ESPONJAS)

São metazoários (animais pluricelulares), eucariontes**,** heterótrofos, assimétricos ou com simetria radial, exclusivamente aquáticos. A maioria das 10 mil espécies é constituída por animais marinhos; cerca de 50 espécies vivem na água doce. Não possuem uma verdadeira organização histológica, isto é, não possuem tecidos bem definidos e, por isso, formam um sub-reino: o sub-reino Parazoa (parazoários).

***Morfologia dos poríferos** – Quando adultos, são animais sésseis (fixos) que vivem afixados sobre diferentes substratos (rochas, conchas de moluscos, solo marinho) e apresentam morfologia variada (forma de vaso tubular, ramificada, globular), com tamanho variando de alguns poucos milímetros até cerca de 2 metros. Podem ter diferentes colorações (cinzenta, vermelha, amarela), embora também existam espécies quase transparentes (de aspecto vítreo).*

Possuem o corpo todo perfurado por poros, vindo daí o nome do grupo: poríferos (do latim *poris*, poro; *phoros*, possuir). Os poros são de dois tipos, óstios e ósculo, e comunicam a superfície externa do corpo com uma cavidade central, denominada átrio ou espongiocele (espongiocela).

***Poríferos** – Os óstios são poros menores que se distribuem por toda a superfície externa do corpo do animal e é por onde, constantemente, entra água proveniente do meio ambiente. Por isso, os óstios são também chamados de poros inalantes. O ósculo é um poro maior, localizado no ápice do corpo do animal, por onde permanentemente sai água. É, portanto, um poro exalante.*

A água circula permanentemente pelo corpo dos poríferos, entrando pelos óstios, passando pela espongiocele e saindo pelo ósculo. Partículas de alimento (algas e protozoários planctônicos) que entram junto com a água são apanhadas e digeridas por células especiais, os coanócitos, existentes nas paredes da espongiocele. Os poríferos, portanto, são animais filtradores que retiram seus alimentos da corrente de água que circula pelo interior de seu corpo. A água que penetra pelos óstios traz nutrientes e oxigênio, e a água que sai pelo ósculo se encarrega de levar os resíduos da digestão e o gás carbônico produzido pelas células.

A figura a seguir representa uma esponja simples, em corte longitudinal, mostrando os diferentes tipos de células encontradas no corpo desses animais.

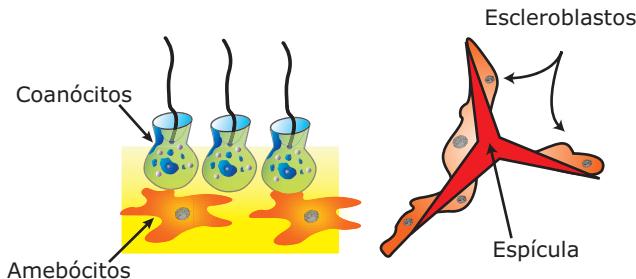
Esquema de uma esponja

Conforme mostra a figura anterior, encontramos nos poríferos os seguintes tipos de células:

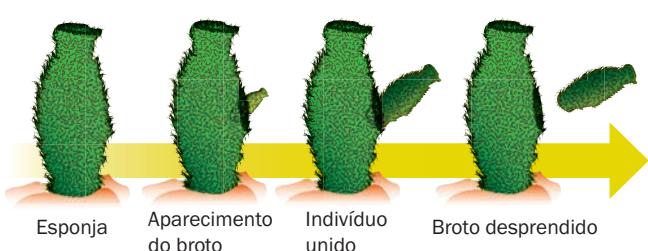
- **Pinacócitos** – Células achatadas que formam o revestimento externo do corpo do animal.
- **Coanócitos** – Células flageladas que formam a parede interna, isto é, a parede que delimita a cavidade central (átrio ou espongiocele). São responsáveis pela captura e pela digestão das partículas de alimento que penetram pelos óstios junto com a água. Os nutrientes resultantes dessa digestão difundem-se para as demais células do corpo, e os resíduos não digeridos são lançados no átrio e eliminados através do ósculo, juntamente com a água que sai. Os batimentos dos flagelos impelem a água, garantindo, assim, uma contínua circulação interna da mesma.
- **Amebócitos (arqueócitos)** – Células móveis que se deslocam à custa de pseudópodos (movimentos ameboides). São encontradas no mesênquima, uma camada gelatinosa localizada entre as paredes externa e interna do corpo do animal. Além de realizar a distribuição de nutrientes, os amebócitos também podem dar origem às outras células.
- **Porócitos** – Células que formam os poros da superfície do corpo, isto é, os óstios. Cada poro é, na realidade, um pequeno canal que passa no interior de uma dessas células.
- **Escleroblastos** – Células produtoras de espículas, estruturas pontiagudas constituídas de carbonato de cálcio ($CaCO_3$) ou de óxido de silício (SiO_2). As espículas, juntamente com fibras proteicas de espongina, formam a estrutura de sustentação do corpo, isto é, o esqueleto do porífero. Essas células e as espículas que produzem também são encontradas no mesênquima.
- **Gametas** – São os espermatozoides e os óvulos, originários da diferenciação de amebócitos que ficam dispersos pelo mesênquima.

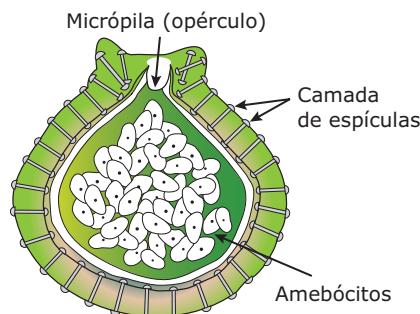
Coanócitos, amebócitos e escleroblastos (células produtoras das espículas).

De acordo com o grau de complexidade, as esponjas são classificadas em três tipos: asconoide, siconoide e leuconoide.

A. Asconoide (Ascon) *– É o tipo mais simples e de paredes mais finas. Nas esponjas desse tipo, os poros formam canais inalantes não ramificados, que desembocam diretamente no átrio ou espongiocele. Os coanócitos não se situam nas paredes desses canais, e sim na parede que delimita a espongiocele.* ***B. Siconoide (Sycon)*** *– Os canais inalantes desembocam em canais radiais, os quais, por sua vez, desembocam no átrio (espongiocele). Nesse tipo de esponja, apenas nas paredes dos canais radiais existem coanócitos.* ***C. Leuconoide (Leucon)*** *– É o tipo mais complexo e de paredes mais espessas. Os canais inalantes desembocam em câmaras, as câmaras vibráteis, revestidas por coanócitos. Tais câmaras fazem comunicação com o átrio. Não existem coanócitos nas paredes dos canais.*

Nos poríferos, não existe nenhum tipo de sistema, isto é, nesses animais, os sistemas digestório, respiratório, circulatório, excretor, nervoso, endócrino e reprodutor são inexistentes.

A digestão é apenas intracelular, ocorrendo, particularmente, nos coanócitos. A respiração é feita por difusão direta dos gases (O_2 e CO_2) através da membrana plasmática da células que se encontram em contato com a água circulante. Não há sangue e nem sistema circulatório. A distribuição de substâncias pelo corpo do animal é feita por difusão ou pelos amebócitos. A excreção também se faz por difusão direta, através da membrana plasmática das células. Não há sistema nervoso nem órgãos sensoriais.

A reprodução dos poríferos pode ser assexuada ou sexuada.

A reprodução assexuada pode ser feita por brotamento (gemiparidade), por regeneração e por gemulação.

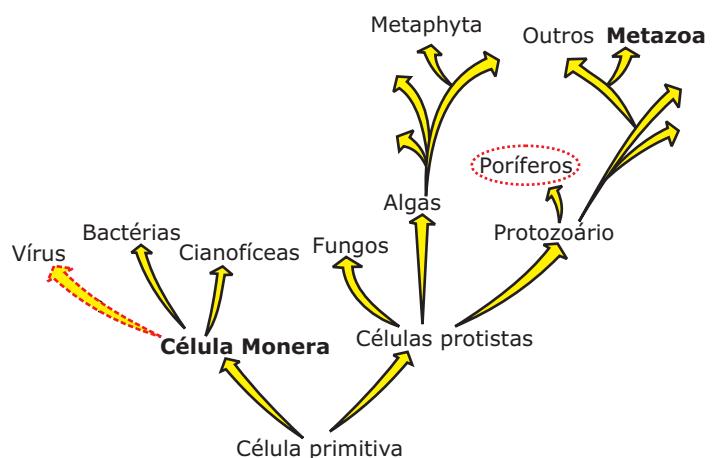
- **Brotamento (Gemiparidade)** – Por mitoses sucessivas, surgem lateralmente no corpo do animal pequenos brotos (gemas), que, por sua vez, se desenvolvem e constituem novos indivíduos.

Brotamento *– Os brotos podem se destacar do indivíduo que lhes deu origem, fixarem-se num substrato e constituir indivíduos isolados ou, então, podem permanecer unidos uns aos outros, formando extensas colônias.*

- **Regeneração** – Os poríferos possuem elevada capacidade regenerativa. Assim, minúsculos fragmentos de esponjas podem regenerar-se e originar indivíduos inteiros. Quando, a partir de pequenos fragmentos eventualmente separados de uma esponja, formam-se, por regeneração, novas esponjas inteiras, pode-se dizer também que houve uma reprodução por fragmentação.
- **Gemulação** – Consiste na formação de estruturas denominadas gêmulas que, na realidade, são formas de resistência constituídas por uma parede dura de espículas justapostas, protegendo um grupo de amebócitos. Quando as condições ambientais não são favoráveis às esponjas, grupos de amebócitos, enriquecidos com matérias alimentares, reúnem-se no mesênquima e são circundados por um revestimento resistente que contém espículas. Tais estruturas são as gêmulas. À medida que a esponja morre e se degenera, as gêmulas diminutas caem na água e sobrevivem. Quando as condições novamente se tornam favoráveis, a massa de células (amebócitos) escapa de dentro do revestimento e começa a crescer, originando uma nova esponja.

  A formação de gêmulas é mais comum em esponjas de água doce, sujeitas a épocas de seca.

Gêmula de* Spongilla *em corte longitudinal *– Note o espesso envoltório que contém espículas. Além de serem formas de resistência a condições adversas, as gêmulas constituem uma forma de reprodução assexuada.*

  As gêmulas são capazes de resistir a condições adversas do meio e, quando as esponjas em que se formaram morrem, libertam-se e permanecem vivas até que as condições ambientais se tornem novamente favoráveis. Quando isso acontece, através de uma abertura da gêmula, a micrópila, os amebócitos ganham o meio exterior, desenvolvem-se e dão origem a uma nova esponja.

A reprodução sexuada nos poríferos é feita por fecundação, isto é, compreende a união dos gametas masculino (espermatozoide) e feminino (óvulo), originados de amebócitos. Com a fecundação, forma-se o zigoto, que, ao se desenvolver, dá origem a uma larva ciliada, a anfiblástula. Essa larva fixa-se a um substrato, desenvolve-se e dá origem a uma esponja adulta.

As esponjas podem ser monoicas ou dioicas. Nas espécies monoicas ou hermafroditas, o mesmo indivíduo, isto é, a mesma esponja forma gametas masculinos e femininos, enquanto nas dioicas os sexos são separados (existem a esponja masculina, produtora apenas de espermatozoides, e a esponja feminina, produtora apenas de óvulos).

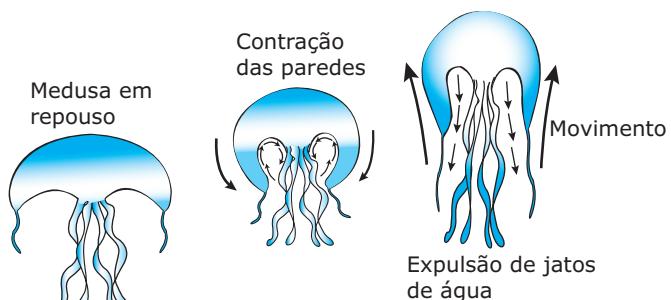
Nas espécies monoicas, os dois tipos de gametas (masculino e feminino) amadurecem em épocas diferentes. Assim, a fecundação é cruzada, isto é, os dois gametas participantes são provenientes de indivíduos diferentes. Essa fecundação é interna (ocorre no mesênquima). Do desenvolvimento do zigoto, forma-se uma larva, a anfiblástula, que abandona o corpo da esponja, atingindo o exterior através do ósculo. Após nadar durante certo tempo, a anfiblástula fixa-se a um substrato, desenvolve-se e dá origem a uma nova esponja adulta.

Como há um estágio de larva entre o zigoto e o indivíduo adulto, o desenvolvimento das esponjas é indireto.

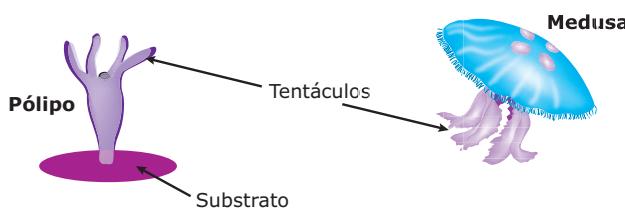
Os coanócitos também podem participar da reprodução sexuada nos poríferos, pois captam espermatozoides trazidos pela corrente de água, transferindo-os para um amebócito, que por sua vez os leva até os óvulos.

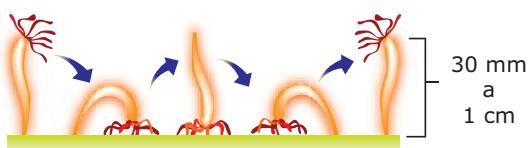
Admite-se que os poríferos tenham evoluído a partir de determinado grupo de protozoários flagelados. Muito provavelmente, tiveram origem de grupos de protozoários diferentes dos que originaram os outros metazoários. Provavelmente, também não deram origem a novos grupos, sendo, por isso, considerados ramos cegos da evolução dos animais.

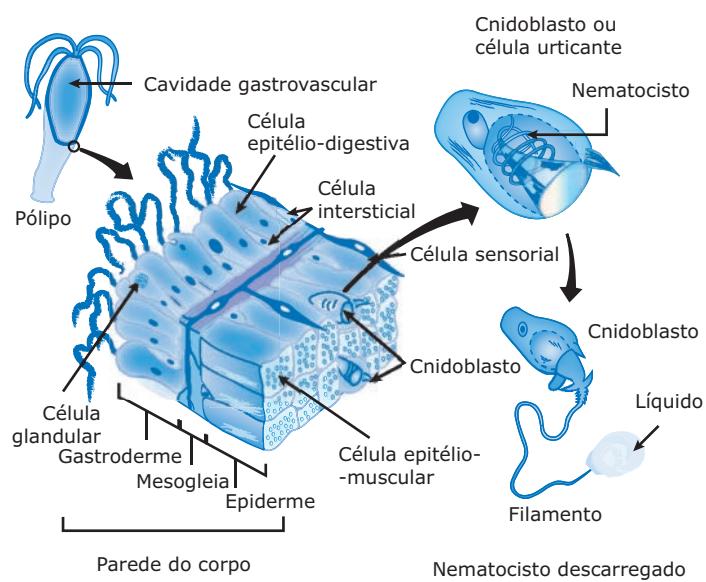
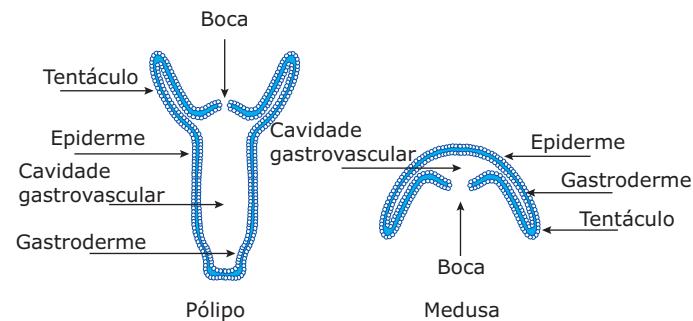
CELENTERADOS (CNIDÁRIOS)

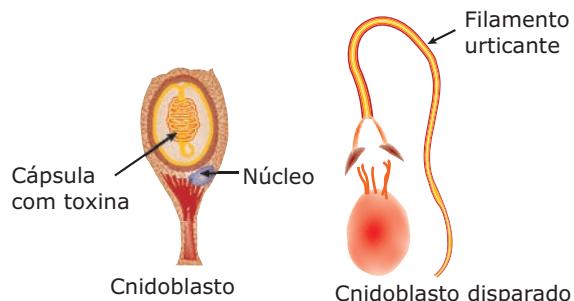
Os celenterados (do latim *coelos*, cavidade, e do grego *enteron*, intestino) são metazoários (animais pluricelulares), eucariontes, heterótrofos, de simetria radial, diblásticos, protostômios, exclusivamente aquáticos e predominantemente marinhos.

Possuem duas formas básicas: pólipo e medusa.

- **Pólipos (forma polipoide)** – Têm forma tubular, geralmente sésseis (fixos) e de colorido brilhante. Têm tamanho variado: alguns são microscópicos, outros medem poucos milímetros, existindo, também, aqueles que chegam a ter mais de 1 metro.

  Exemplos: corais, hidra, anêmona-do-mar (actínea).

- **Medusas (forma medusoide)** – Forma de *umbrella* (sombrinha, guarda-chuva), de natação livre, com diferentes colorações. O tamanho é variado, podendo chegar, em alguns casos, a mais de 2 metros de diâmetro.

  Exemplo: águas-vivas.

Os celenterados têm o corpo formado por duas camadas de células: epiderme (camada mais externa) e gastroderme. Entre essas duas camadas, fica a mesogleia, material gelatinoso que mantém unidas a epiderme e a gastroderme.

A gastroderme delimita uma cavidade central, a cavidade gastrovascular (CGV), que se comunica com o meio externo através de uma abertura, a boca.

Celenterados *– Pólipos e medusas possuem tentáculos, que podem ser usados na captura de alimentos e na locomoção do animal.*

Quanto à locomoção, os celenterados podem ser animais sésseis (fixos) ou móveis. Os pólipos geralmente são fixos, mas, em certos casos, como acontece com a hidra (um celenterado de água doce), também podem ser móveis, locomovendo-se através de movimentos de "cambalhota".

A hidra executando movimentos de "cambalhota". Trata-se de um pólipo móvel.

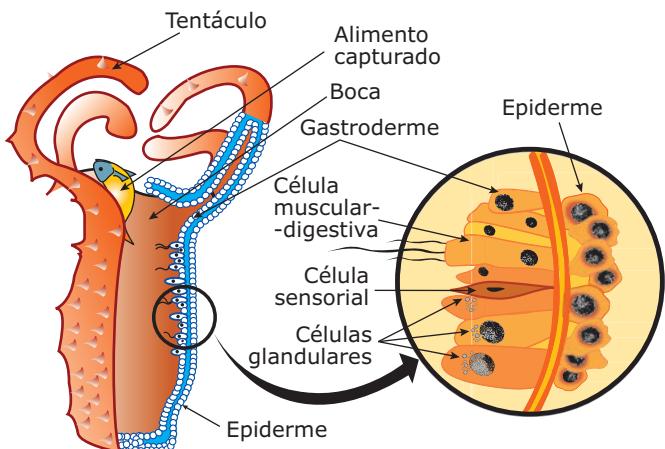
As medusas são móveis e sua locomoção é feita por jato propulsão, isto é, expulsão de jatos de água. Nesse tipo de movimento, a medusa contrai rapidamente as bordas de seu corpo circular, fazendo com que a água acumulada na concavidade do corpo seja expulsa rapidamente em fortes jatos. Isso faz o animal se deslocar no sentido oposto ao do jato-d'água ("Princípio da Ação e Reação").

A epiderme é formada por cinco tipos básicos de células: células epitélio-musculares, intersticiais, sensoriais, glandulares e cnidoblastos (cnidócitos).

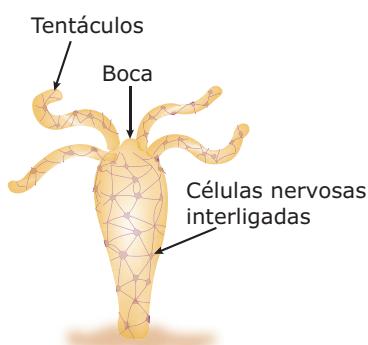
- **Células epitélio-musculares** – Além da função de revestimento, possuem fibrilas contráteis, orientadas no sentido do comprimento do corpo do animal. Ao se contraírem, as fibrilas fazem diminuir o comprimento do corpo do animal.
- **Células intersticiais** – Participam dos processos de crescimento e de regeneração, pois são capazes de originar os diversos tipos de células dos celenterados.
- **Células sensoriais** – São capazes de perceber estímulos do meio ambiente e transmiti-los às células nervosas localizadas na mesogleia.
- **Células glandulares** – Secretam muco, cujo papel é lubrificar o corpo, protegendo-o, e ajudar a fixar o animal ao substrato, no caso das formas sésseis.
- **Cnidoblastos (cnidócitos, células urticantes)** – Células típicas dos celenterados que desempenham papel fundamental na captura de alimentos e na defesa do animal contra os seus predadores.

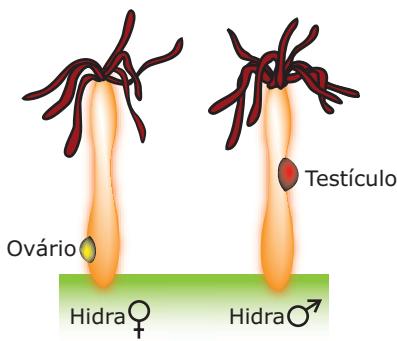
O cnidoblasto, ao ser tocado, lança para fora o nematocisto (cápsula urticante), estrutura penetrante que possui um longo filamento (filamento urticante), através do qual um líquido urticante e tóxico é eliminado. Assim, essas células participam da defesa dos celenterados e são utilizadas na imobilização dos pequenos animais capturados pelos tentáculos. Os cnidoblastos são encontrados em toda a epiderme do animal, aparecendo, entretanto, em maior concentração nos tentáculos e ao redor da boca. O nome cnidários (do grego *knidos,* urticante) deve-se à presença dos cnidoblastos ou cnidócitos. Em alguns celenterados, como os corais, a epiderme secreta um exoesqueleto de calcário e substâncias orgânicas.

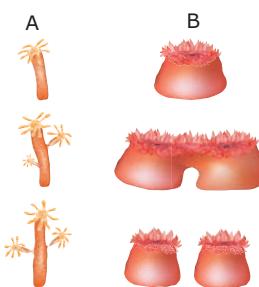
Na gastroderme, também existem diferentes tipos de células: musculares-digestivas (epitélio-digestivas), células glandulares, intersticiais e sensoriais.

- **Células musculares-digestivas** – Participam da absorção e da digestão intracelular dos alimentos. São alongadas e dotadas de flagelos voltados para a cavidade gastrovascular. O batimento dos flagelos dessas células movimenta o conteúdo dentro da cavidade gastrovascular, facilitando a mistura do alimento com as enzimas digestivas que são produzidas e liberadas pelas células glandulares. Também possuem fibrilas contráteis, orientadas circularmente ao corpo do celenterado. Quando essas fibrilas se contraem, o corpo do animal se alonga. Assim, as células musculares-digestivas da gastroderme trabalham em antagonismo com as da epiderme.
- **Células glandulares** – As células glandulares da gastroderme dos celenterados produzem enzimas digestivas que são liberadas no interior da cavidade gastrovascular, onde se realiza o processo da digestão extracelular.

As células intersticiais e sensoriais da gastroderme são semelhantes às existentes na epiderme.

A mesogleia é uma camada gelatinosa, produzida por células da epiderme e da gastroderme, que dá suporte ao corpo do celenterado, constituindo um esqueleto elástico e flexível. A mesogleia também abriga uma rede de células nervosas que fazem comunicação com as células sensoriais da epiderme e da gastroderme.

Nos celenterados, o grau de organização é superior ao dos poríferos em vários aspectos:

- Há um sistema digestório formado por um tubo digestório incompleto que, por sua vez, é constituído pela boca e pela cavidade gastrovascular. Assim, nos celenterados temos a primeira ocorrência evolutiva de um tubo digestório.

  O alimento (crustáceos, peixes, larvas de insetos, etc.) capturado pelos tentáculos é introduzido na cavidade gastrovascular onde, por ação de enzimas digestivas produzidas e liberadas pelas células glandulares da gastroderme, é parcialmente digerido. Esse alimento parcialmente digerido é capturado ou absorvido pelas células musculares-digestivas, nas quais a digestão se completa de forma intracelular. Esses animais, portanto, realizam digestão extra e intracelular.

- Há um sistema nervoso difuso, constituído por uma rede de células nervosas dispersas pela mesogleia e que fazem comunicação com células da epiderme e da gastroderme. Assim, nos celenterados, temos a primeira ocorrência evolutiva de um sistema nervoso. Alguns possuem ocelos (corpúsculos capazes de detectar maior ou menor intensidade de luz) e estatocistos (órgão de equilíbrio que dá ao animal informações sobre a sua inclinação em relação à gravidade, o que lhe permite perceber mudanças na posição do corpo).

Sistema nervoso da *Hydra*

- Alguns apresentam gônadas (ovários e testículos). Nos celenterados, temos então a primeira ocorrência evolutiva de gônadas (glândulas sexuais).

Assim como nos poríferos, os sistemas respiratório, circulatório e excretor inexistem nos celenterados. A distribuição de nutrientes se faz por difusão entre as diversas células do corpo, assim como as trocas gasosas (O_2 e CO_2) e a eliminação de excretas nitrogenados também se fazem por simples difusão.

A reprodução pode ser assexuada ou sexuada, ocorrendo em certas espécies o fenômeno da metagênese (alternância de gerações).

A reprodução assexuada dos celenterados pode ser realizada por divisão binária (bipartição) longitudinal, brotamento (gemiparidade) ou ainda por estrobilização.

Reprodução assexuada – ***A.*** *o broto permanece fixo, formando colônias.* ***B.*** *bipartição.*

Estrobilização num pólipo – *Na estrobilização, o corpo do pólipo sofre uma série de divisões transversais, originando segmentos discoidais, denominados éfiras, que são formas elementares de medusas. Cada éfira, ao se desenvolver, origina uma medusa adulta.*

A reprodução sexuada se faz por fecundação, que, dependendo da espécie, pode ser externa (realizada na água) ou interna (realizada no corpo do celenterado).

Quanto ao sexo, existem espécies monoicas (hermafroditas) e espécies dioicas. O desenvolvimento pode ser direto (sem estágios larvais) ou indireto. No desenvolvimento indireto, há uma larva ciliada, a plânula.

O filo dos celenterados está subdividido em três classes: Hidrozoa (hidrozoários), Scyphozoa (cifozoários) e Anthozoa (antozoários).

Hidrozoários	Cifozoários	Antozoários
Possuem pólipos bem desenvolvidos com fase de medusa pequena (hidromedusas) ou ausente. Em algumas espécies, há metagênese. São marinhos ou dulcícolas e têm desenvolvimento direto ou indireto (com larvas). Ex.: *Hidra*, *Obelia* e *Physalia* (caravela).	Predominam as grandes medusas (cifomedusas). Os pólipos, chamados cifístomas, são de pequeno tamanho e de vida curta. São exclusivamente marinhos. Há metagênese e o desenvolvimento é indireto (com larvas). Ex.: *Aurelia* sp (água-viva).	São exclusivamente pólipos. Não há medusas. Exclusivamente marinhos. Não há metagênese e o desenvolvimento é indireto. Ex.: Corais e anêmonas-do-mar (actínias).

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (OSEC-SP) Espongiários são animais

A) exclusivamente aquáticos.

B) pseudocelomados.

C) diblásticos.

D) triblásticos.

E) com metagênese.

02. (UNIRIO-RJ) Qual das alternativas a seguir justifica a classificação das esponjas no sub-reino Parazoa?

A) Ausência de epiderme

B) Ocorrência de fase larval

C) Inexistência de orgãos ou de tecidos bem definidos

D) Hábitat exclusivamente aquático

E) Reprodução unicamente assexuada

03. (PUCPR) Em relação ao *Phylum Cnidaria*, foram feitas as seguintes proposições:

I. Os cnidários são aquáticos, diblásticos e com simetria radial, sendo encontrados em duas formas: pólipos (fixos) e medusa (livres).

II. A digestão nos cnidários é extra e intracelular e não há aparelho respiratório, circulatório ou excretor, e o sistema nervoso é difuso.

III. Nos cnidários, a reprodução sexuada ocorre por brotamento ou estrobilização.

IV. Os corais e a anêmona-do-mar são exemplos da classe dos cifozoários.

Assinale a alternativa **CORRETA**.

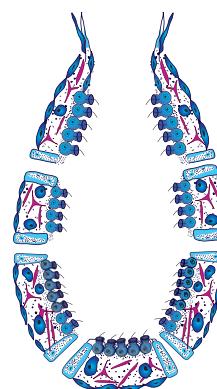
A) Todas estão incorretas.

B) Apenas III e IV estão corretas.

C) Apenas I está correta.

D) Todas estão corretas.

E) Apenas I e II estão corretas.

04. (OSEC-SP) Entre as alternativas a seguir, assinale o principal avanço evolutivo dado pelos celenterados, mantido e desenvolvido pelos animais mais evoluídos.

A) Presença de células urticantes

B) Digestão extracelular

C) Passagem do meio aquático para o terrestre

D) Sistema circulatório

E) Tubo digestório completo

05. (UFPR) Relacione as colunas e assinale a alternativa **CORRETA**.

(1) Coanócitos

(2) Células nervosas

(3) Átrio

(4) Mesênquima

(5) Cnidoblastos

( ) Cavidade central das esponjas

( ) Células de defesa dos celenterados

( ) Mesogleia, abaixo da epiderme

( ) Digestão intracelular dos poríferos

( ) Camada média da estrutura dos poríferos

A) 3 – 2 – 5 – 1 – 4

B) 5 – 3 – 2 – 1 – 4

C) 5 – 2 – 3 – 1 – 4

D) 3 – 5 – 2 – 4 – 1

E) 3 – 5 – 2 – 1 – 4

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Minas) Quando fazemos um corte longitudinal em uma esponja ascoide, como na figura a seguir, encontraremos, revestindo o átrio ou espongiocele,

A) cnidócitos.

B) celomócitos.

C) coanócitos.

D) células enzimático-glandulares.

E) células mioepiteliais.

02. (FCMMG) As afirmativas a seguir se relacionam com os poríferos.

1. São exclusivamente marinhos.
2. O alimento, juntamente com a água, entra pelo ósculo, circula pelo átrio e sai pelos poros inalantes.
3. Os coanócitos são células formadoras de espículas.
4. As esponjas do tipo leucon são as mais complexas.
5. Possuem digestão intracelular.

Assinale

A) se todas as afirmativas são corretas.
B) se apenas 2 e 3 são corretas.
C) se apenas 1, 2 e 5 são corretas.
D) se apenas 1, 3 e 4 são corretas.
E) se apenas 4 e 5 são corretas.

03. (FCC-SP) As células que revestem externamente as esponjas e as que revestem a espongiocele são, respectivamente,

A) amebócitos e espículas.
B) pinacócitos e coanócitos.
C) coanócitos e pinacócitos.
D) arqueócitos e espículas.
E) pinacócitos e amebócitos.

04. (FUVEST-SP) A característica a seguir que **NÃO** condiz com os poríferos é

A) respiração e excreção por difusão.
B) obtenção de alimentos a partir das partículas trazidas pela água, que penetra através dos óstios.
C) hábitat aquático, vivendo presos ao fundo.
D) células organizadas em tecidos bem definidos.
E) alta capacidade de regeneração.

05. (UFPel-RS) As esponjas constituem o filo Porífera do reino Animal, sendo indivíduos de organização corporal simples, considerados um ramo primitivo na evolução dos metazoários. Os poríferos são usados pelos pintores para obter certos efeitos especiais na técnica de aquarela; antigamente, eram usados também como esponjas de banho.

Quanto às esponjas, é **CORRETO** afirmar que

A) não possuem tecidos verdadeiros e apresentam apenas espículas silicosas.
B) possuem tecidos verdadeiros e podem apresentar espículas calcárias ou silicosas.
C) não possuem tecidos verdadeiros e podem apresentar espículas calcárias ou silicosas.
D) não possuem tecidos verdadeiros e apresentam apenas espículas calcárias.
E) possuem tecidos verdadeiros e apresentam apenas espículas silicosas.

06. (UFJF-MG) Observe as seguintes afirmativas:

I. A grande capacidade regenerativa das esponjas revela a pequena interdependência e diferenciação de suas células.

II. A água que circula pelo corpo de uma esponja segue o trajeto: ósculo – átrio – óstios.

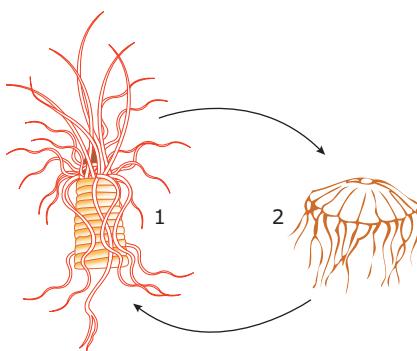
III. Nem todas as esponjas possuem espículas calcárias ou silicosas.

Assinale

A) se apenas I estiver correta.
B) se apenas I e II estiverem corretas.
C) se I, II e III estiverem corretas.
D) se apenas II e III estiverem corretas.
E) se apenas I e III estiverem corretas.

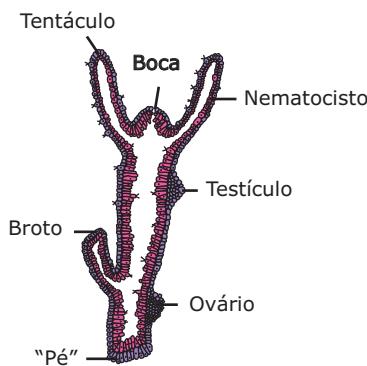
07. (FCMMG)

Amaciante de carne cura queimaduras de caravelas

Frequentemente, chegam ao nosso litoral, trazidas pelas correntes marinhas, várias caravelas pertencentes ao gênero *Physalia*. Constituem um belo exemplo de colônia polimórfica formada por vários tipos de indivíduos modificados [...]

Os pólipos de defesa são dotados de longos tentáculos (que podem chegar a ter vários metros) carregados de baterias de cnidoblastos, sendo descarregados nas ocasiões em que são tocados. É muito comum a ocorrência de acidentes com banhistas que tocam inadvertidamente esses tentáculos. Graves queimaduras são provocadas pelas toxinas de natureza proteica liberadas pelos cnidoblastos.

Amaciantes de carne são comumente empregados na cura dessas queimaduras, já que atuam na digestão das toxinas proteicas liberadas pelos cnidoblastos.

A eficácia dos "amaciantes de carne" utilizados para bloquear a ação das toxinas proteicas dos cnidoblastos se deve à ação de

A) enzimas proteolíticas.
B) substâncias histamínicas.
C) anabolizantes lipoproteicos.
D) complexos antígeno x anticorpo.

08. (PUC Minas) Observe o ciclo reprodutivo a seguir:

Marque a alternativa **INCORRETA**.

A) Esse ciclo reprodutivo é denominado metagênico.

B) Nem todos os grupos de cnidários realizam esse ciclo reprodutivo.

C) Gametas são formados em 2.

D) 1 origina larva livre-natante denominada plânula.

E) 2 é originado por processo assexuado.

09. (PUC Minas) Uma esponja-viva é um animal multicelular com pequena diferenciação celular. Suas células podem ser mecanicamente desagregadas passando-se a esponja numa peneira. Se a suspensão celular é agitada por umas poucas horas, as células se reagregam para formar uma nova esponja. É o processo de adesão celular. Sobre esse assunto, é **INCORRETO** afirmar:

A) A agregação celular depende do reconhecimento que se estabelece entre as células e deve ser espécie-específica.

B) A simplicidade celular das esponjas se deve ao fato de elas não apresentarem reprodução sexuada.

C) Se duas diferentes espécies de esponjas são desagregadas juntas, as células de cada espécie se reagregam isoladamente.

D) O alto grau de regeneração celular observado nas esponjas se deve ao pequeno grau de diferenciação celular do animal.

10. (UFMG)

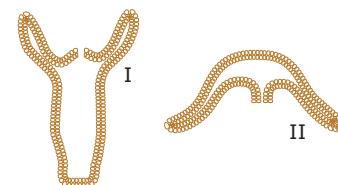
Em relação ao organismo representado pelo desenho, a alternativa **CERTA** é:

A) Trata-se de um triblástico, acelomado, que pode apresentar pés ambulacrários e células-flama na idade adulta.

B) Trata-se de um diblástico, podendo apresentar reprodução sexuada e assexuada.

C) É um enterocelomado, com células urticantes usadas para defesa.

D) Apresenta cavidade celomática, que ocupa a maior parte do corpo e possui pés ambulacrários.

E) Apresenta, em seu desenvolvimento embrionário, blástula com blastoderme e com blastóporo.

11. (UFV-MG) A digestão dos celenterados ocorre

A) nos meios intra e extracelulares.

B) no meio extracelular.

C) no celoma anterior.

D) no meio intracelular.

E) no celoma posterior.

12. (Unicamp-SP–2011) Os corais, espalhados por grande extensão de regiões tropicais dos oceanos e mares do globo terrestre, formam os recifes ou bancos de corais e vivem em simbiose com alguns tipos de algas. No caso do acidente no Golfo do México, o risco para os corais se deve

A) às substâncias presentes nesse vazamento, que matariam vários peixes que serviriam de alimento para os corais.

B) ao branqueamento dos corais, causado pela quantidade de ácido clorídrico liberado juntamente com o óleo.

C) à redução na entrada de luz no oceano, que diminuiria a taxa de fotossíntese de algas, reduzindo a liberação de oxigênio e nutrientes que seriam usados pelos pólipos de corais.

D) à absorção de substância tóxica pelos pólipos dos cnidários, formados por colônias de protozoários que se alimentam de matéria orgânica proveniente das algas.

13. (Unicamp-SP) Os celenterados ou cnidários são animais que apresentam formas diferentes de acordo com o modo de vida. Essas formas estão esquematizadas em corte longitudinal mediano.

A) Como são denominadas as formas I e II?

B) **DÊ** exemplo de um animal que apresente a forma do corpo I e de um que apresente a forma II.

14. (FUVEST-SP) Por que as medusas podem, pelo simples contato, levar pequenos animais à morte ou provocar irritações cutâneas em seres humanos?

SEÇÃO ENEM

01. "Acidentes causados por cnidários são comuns ao redor do mundo, incluindo acidentes graves e com registro de fatalidades em alguns mares. Um exemplo extremo de água-viva que pode ser até letal para o ser humano ocorre no litoral norte e nordeste da Austrália, onde se encontra a espécie *Chironex fleckeri*, também conhecida como vespa-do-mar". A respeito da espécie *Chironex fleckeri,* é correto dizer que

A) pertence ao grupo dos poríferos e seus coanócitos em contato com a pele humana causam irritações e queimaduras.

B) é um animal parazoário pertencente ao grupo dos celenterados.

C) é um artrópode do grupo dos insetos, vindo daí o seu nome popular de vespa-do-mar.

D) é uma medusa exclusivamente dulcícola.

E) trata-se de um celenterado e o contato com os seus tentáculos pode até causar a morte de uma pessoa.

02. "Pesquisadores brasileiros estudam substâncias químicas das esponjas com o objetivo de obter compostos bioativos, que possam eventualmente resultar em medicamentos. Com esse material, serão realizados bioensaios para verificar sua ação contra câncer, tuberculose e cepas de bactérias resistentes a antibióticos. Segundo os pesquisadores, não deverá faltar material para ser testado, e, se forem considerados os antecedentes das esponjas na área farmacológica, há grande possibilidade de obter bons resultados. Já existem alguns medicamentos à venda que foram inspirados em moléculas extraídas de esponjas, como é o caso do antiviral Vira-A ou Acyclovir (vendido sob o nome comercial de Zovirax), produzido a partir da esponja *Cryptotdethya crypta*, que combate o vírus da herpes. O AZT é outro exemplo de droga que teve origem em substâncias provenientes desses estranhos seres coloridos. É importante que fique claro que esses medicamentos não são diretamente extraídos de esponjas, mas foram substâncias retiradas delas que inspiraram sua síntese. Além desses dois, há outros em testes para o tratamento da tuberculose, infecções hospitalares, câncer e doenças tropicais, como a leishmaniose, malária e mal de Chagas."

Disponível em:<htt//www.sescsp.org.br>. (Adaptação).

De acordo com o texto, já existem disponibilizados no mercado medicamentos obtidos a partir de substâncias extraídas das esponjas para o tratamento de pacientes com a(s) seguinte(s) doença(s)

A) Aids, apenas.

B) Aids e herpes.

C) Aids, herpes, câncer e tuberculose.

D) Aids, herpes, câncer, tuberculose, leishmaniose e malária.

E) câncer, tuberculose, herpes, Aids, leishmaniose, malária e doença de Chagas.

GABARITO

Fixação

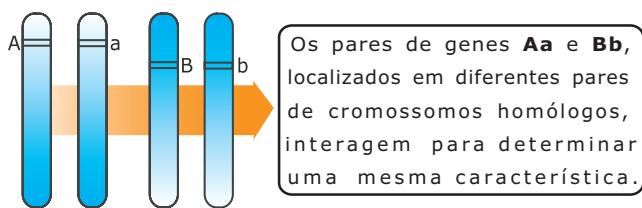
01. A
02. C
03. E
04. B
05. E

Propostos

01. C
02. E
03. B
04. D
05. C
06. E
07. A
08. D
09. B
10. B
11. A
12. C
13. A) I = Pólipo (forma polipoide)
    II = Medusa (forma medusoide)
    B) I = Anêmona-do-mar, hidra, corais.
    II = Água-viva.
14. Porque as medusas possuem estruturas de defesa, denominadas cnidoblastos, que, ao mais leve contato, disparam um estilete, o nematocisto, contendo um líquido tóxico, urticante, que tem efeito paralisante em pequenos animais e também causa queimaduras, reações alérgicas e irritações na pele humana.

Seção Enem

01. E
02. B

BIOLOGIA

MÓDULO 05 FRENTE D

Genética: interação gênica

A interação gênica entre genes não alelos consiste no fenômeno em que dois ou mais pares de genes agem conjuntamente para determinar uma única característica. Trata-se, portanto, de um fenômeno inverso ao da pleiotropia.

Os pares de genes **Aa** e **Bb**, localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos, interagem para determinar uma mesma característica.

Existem diferentes tipos de interação entre genes não alelos.

Um bom exemplo é o tipo de crista em galináceos domésticos. Para essa característica, os galináceos podem apresentar quatro tipos diferentes de cristas: crista ervilha, crista rosa, crista simples e crista noz, conforme mostra a ilustração a seguir:

Crista ervilha

Crista rosa

Crista simples

Crista noz

O tipo de crista depende da interação dos pares de genes– **R** e **r** e **E** e **e** – conforme descrito a seguir:

- **Crista ervilha**: O galináceo precisa ter, no seu genótipo, a presença de pelo menos um gene **E** e a ausência do gene **R**.
- **Crista rosa**: O galináceo precisa ter, no seu genótipo, a presença de pelo menos um gene **R** e a ausência do gene **E**.
- **Crista noz**: O galináceo precisa ter, no seu genótipo, a presença de pelo menos um gene **R** e pelo menos um gene **E**.
- **Crista simples**: O genótipo do galináceo não pode ter nenhum gene **R** e nenhum gene **E**.

Assim, conclui-se que os possíveis genótipos e respectivos fenótipos para a característica do tipo de crista em galináceos domésticos são:

Genótipos	Fenótipos
rr EE; rr Ee	Crista ervilha
RR ee; Rr ee	Crista rosa
RR EE; Rr EE; RR Ee; Rr Ee	Crista noz
rr ee	Crista simples

Veja o exemplo a seguir:

- Um macho de crista rosa duplamente homozigoto é cruzado com uma fêmea de crista noz duplamente heterozigota. Quais são os possíveis fenótipos dos descendentes desse cruzamento e respectivas proporções?

Resolução:

Sendo o macho de crista rosa duplamente homozigoto, seu genótipo é **RRee**. Sendo a fêmea de crista noz duplamente heterozigota, seu genótipo é **RrEe**. Então, o cruzamento em questão é **RRee** x **RrEe**.

Separando-se os possíveis gametas formados pelo macho e pela fêmea, encontra-se o seguinte:

Gametas masculinos	Gametas femininos
Re (100%)	RE (25%)
	Re (25%)
	rE (25%)
	re (25%)

Com os gametas anteriores, pode-se construir o seguinte genograma.

♂ \ ♀	RE (25%)	Re (25%)	rE (25%)	re (25%)
Re (100%)	RREe	RRee	RrEe	Rree
	(25%)	(25%)	(25%)	(25%)
	Crista noz	Crista rosa	Crista noz	Crista rosa

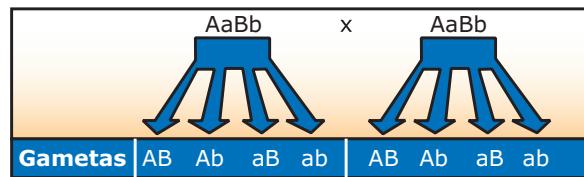
Resposta: 50% dos descendentes têm crista do tipo noz, e 50%, do tipo rosa.

HERANÇA QUANTITATIVA

Também chamada de herança poligênica, poligenia ou ainda herança multifatorial, é uma modalidade de interação entre genes não alelos, em que o fenótipo depende da quantidade de certos tipos de genes presentes no genótipo.

Nesse tipo de herança, existem dois ou mais pares de genes alelos. Em cada par, um dos alelos é dito efetivo e o outro, não efetivo. Os alelos efetivos, representados por letras maiúsculas, são capazes de exercer modificação no fenótipo. Os alelos não efetivos, representados por letras minúsculas, não exercem modificação no fenótipo.

Um bom exemplo desse tipo de herança acontece com a determinação genética da coloração ou intensidade de pigmentação da pele na espécie humana. Essa característica depende da quantidade de melanina produzida, e essa quantidade é determinada por diferentes pares de genes que se segregam independentemente. Para exemplificar esse tipo de interação nessa característica, vamos considerar apenas dois pares de genes **A** e **a** e **B** e **b**. Para esses dois pares de genes, pode-se ter os seguintes genótipos e respectivos fenótipos.

Genótipos	Fenótipos
AABB	Negro
AABb AaBB	Mulato escuro
AAbb aaBB AaBb	Mulato médio
Aabb aaBb	Mulato claro
aabb	Branco

Observe, na tabela, que a quantidade de genes representados por letras maiúsculas ou por letras minúsculas presentes no genótipo é fator determinante do fenótipo: se os quatro genes dos dois pares de alelos forem os representados por letras maiúsculas, o indivíduo produzirá muita melanina e, consequentemente, terá a pele muito escura (negro); se três dos quatro genes forem maiúsculos, o indivíduo será mulato escuro; caso no genótipo existam dois genes representados por letras maiúsculas e dois, por letras minúsculas, o indivíduo será mulato médio; se, dos quatro genes, apenas um for maiúsculo, o indivíduo será mulato claro; e, se os quatro genes dos dois pares de alelos forem os representados por letras minúsculas, o indivíduo produzirá menos melanina e, portanto, será branco. Conclui-se então que, nessa característica, quanto maior o número de genes representados por letras maiúsculas presentes no genótipo do indivíduo, mais escura será a coloração de sua pele.

Veja o exemplo a seguir:

- Um casal de mulatos médios teve um filho branco. Quais os genótipos dos indivíduos que formam esse casal e como poderão ser seus próximos filhos quanto à coloração da pele?

Resolução:

Os mulatos médios possuem no genótipo dois genes representados por letras maiúsculas e dois genes representados por letras minúsculas. Como o casal teve um filho branco (**aabb**), conclui-se que ambos possuem no genótipo os genes **a** e **b**. Assim, ambos têm genótipo **AaBb**.

Construindo um genograma com os gametas da figura anterior, obtêm-se as seguintes combinações.

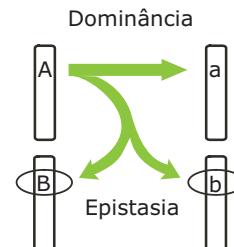
♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	Negros AABB	Mulatos escuros AABb	Mulatos escuros AaBB	Mulatos médios AaBb
Ab	Mulatos escuros AABb	Mulatos médios AAbb	Mulatos médios AaBb	Mulatos claros Aabb
aB	Mulatos escuros AaBB	Mulatos médios AaBb	Mulatos médios aaBB	Mulatos claros aaBb
ab	Mulatos médios AaBb	Mulatos claros Aabb	Mulatos claros aaBb	Brancos aabb

A análise das combinações obtidas no genograma anterior permite concluir que os próximos filhos do casal poderão ser negros, mulatos escuros, mulatos médios, mulatos claros ou brancos, com as seguintes probabilidades de nascimentos.

- Negros (**AABB**): 1/16
- Mulatos escuros (**AABb** e **AaBB**): 4/16 = 2/8
- Mulatos médios (**AaBb**, **AAbb** e **aaBB**): 6/16 = 3/8
- Mulatos claros (**Aabb** e **aaBb**): 4/16 = 2/8
- Brancos (**aabb**): 1/16

Numa característica de herança quantitativa, o número de fenótipos é igual ao número de poligenes + 1. Assim, no caso da coloração da pele humana, visto anteriormente, existem 4 poligenes (**A** e **a**, **B** e **b**) e, portanto, 5 fenótipos distintos (negro, mulato escuro, mulato médio, mulato claro e branco). Se, por exemplo, numa característica de herança quantitativa, participarem 6 poligenes (**Aa**, **Bb**, **Cc**), teremos 7 fenótipos diferentes, e assim por diante.

Inversamente, se soubermos o número de fenótipos distintos existentes num caso de herança quantitativa, o número de poligenes envolvidos será igual ao número de fenótipos – 1.

Nº de poligenes = Nº de fenótipos – 1
Nº de fenótipos = Nº de poligenes + 1

O número de pares de poligenes envolvidos na característica também pode ser calculado a partir do número de classes fenotípicas (número de fenótipos), por meio da seguinte relação.

$$\text{Nº de pares de poligenes} = \frac{\text{Nº de classes fenotípicas} - 1}{2}$$

Aplicando-se a relação anterior no caso da herança sobre a cor da pele na espécie humana, o número de pares de poligenes será: $\frac{5 - 1}{2} = 2$

EPISTASIA

Nessa modalidade de interação gênica, um gene inibe ou mascara a manifestação de outro gene que não seja seu alelo. O gene que inibe é chamado de epistático, e o inibido é denominado hipostático. Os genes epistático e hipostático não são genes alelos.

Epistasia *– Quando um gene inibe a manifestação do seu alelo, o inibidor é chamado de gene dominante, e o inibido, de gene recessivo. Quando um gene inibe a manifestação de outro que não seja seu alelo, o inibidor é denominado gene epistático, e o inibido, hipostático. No esquema anterior, os genes* ***A*** *e* ***a*** *são alelos, sendo o gene* ***A*** *dominante e o gene* ***a*** *recessivo. Também os genes* ***B*** *e* ***b*** *são alelos, sendo que* ***B*** *é o gene dominante e* ***b****, o gene recessivo. Admitindo-se que o gene* ***A*** *tenha a capacidade de inibir a ação dos genes* ***B*** *e* ***b****, então o gene* ***A*** *é epistático em relação aos genes* ***B*** *e* ***b****. Os genes* ***B*** *e* ***b****, por sua vez, são hipostáticos em relação ao gene* ***A****.*

A epistasia pode ser dominante ou recessiva.

- **Epistasia dominante**: O alelo dominante de um par inibe a ação de genes alelos de um outro par, ou seja, o gene epistático é dominante no seu par de alelos. Por exemplo: em determinada raça de cães, a cor dos pelos depende da ação de dois pares de genes **M** e **m** e **C** e **c**, que se segregam independentemente. O gene **M** determina a formação de pelagem preta, enquanto o seu alelo **m** condiciona uma pelagem marrom; o gene **C** inibe os genes **M** e **m**, isto é, inibe a manifestação da cor, enquanto o seu alelo **c** permite a manifestação da cor. Quando o gene **C** está presente no genótipo, o animal apresenta uma pelagem branca. Nesse exemplo, então, o gene **C** é epistático, enquanto os genes **M** e **m** são hipostáticos. Assim, se forem cruzados dois cães duplamente heterozigotos para esses genes, será obtido o resultado mostrado no quadro a seguir:

Branco x Branco
(CcMm) (CcMm)

Gametas	CM	Cm	cM	cm
CM	Branco CCMM	Branco CCMm	Branco CcMM	Branco CcMm
Cm	Branco CCMm	Branco CCmm	Branco CcMm	Branco Ccmm
cM	Branco CcMM	Branco CcMm	Preto ccMM	Preto ccMm
cm	Branco CcMm	Branco Ccmm	Preto ccMm	Marrom ccmm

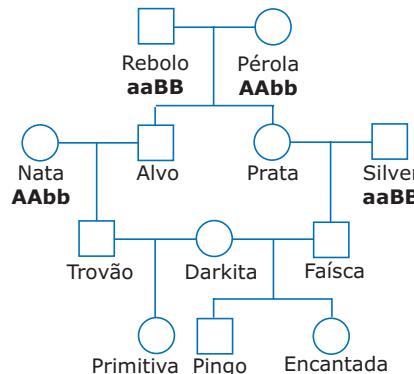
A proporção fenotípica é de 12 brancos:3 pretos:1 marrom.

- **Epistasia recessiva**: Um par de genes alelos recessivos inibe a ação de genes de outro par de alelos. Por exemplo: a cor dos pelos dos ratos depende da ação de dois pares de genes, **C** e **c** e **A** e **a**, que se segregam independentemente. O gene **C** determina a formação de pelagem preta, enquanto o seu alelo **c** condiciona ausência de pigmentação, isto é, o albinismo (pelagem branca homogênea). O gene **A**, por sua vez, determina a formação de pelagem amarela, enquanto o seu alelo, o gene **a**, não condiciona a formação de pigmentos. O par **cc** é epistático em relação ao gene **A**. Assim, não existem ratos amarelos (**ccA_**). Todos os ratos que tiverem no genótipo o par **cc** serão albinos. Ratos de genótipos **C_aa** terão pelagem preta; ratos de genótipos **C_A_** produzem pigmentos pretos e amarelos, tendo, por isso, uma coloração pardo-acinzentada (ratos agutis). Assim, o cruzamento de dois ratos duplo-heterozigotos fornece o resultado mostrado no quadro a seguir:

Aguti x Aguti
(CcAa) (CcAa)

Gametas	CA	Ca	cA	ca
CA	Aguti CCAA	Aguti CCAa	Aguti CcAA	Aguti CcAa
Ca	Aguti CCAa	Preto CCaa	Aguti CcAa	Preto Ccaa
cA	Aguti CcAA	Aguti CcAa	Albino ccAA	Albino ccAa
ca	Aguti CcAa	Preto Ccaa	Albino ccAa	Albino ccaa

A proporção fenotípica é de 9 agut:3 pretos:4 albinos.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (Cesgranrio) Certas raças de galinhas apresentam, quanto à forma de crista, quatro fenótipos diferentes: crista tipo "ervilha", tipo "rosa", tipo "noz" e tipo "simples". Esses tipos são determinados por dois pares de alelos com dominância: **E** para o tipo "ervilha" e **R** para o tipo "rosa". A presença no mesmo indivíduo de um alelo dominante de cada par produz o tipo "noz". A forma duplo-recessiva origina a crista "simples". Uma ave de crista "noz" foi cruzada com uma de crista "rosa", originando em F1: 3/8 dos descendentes com crista "noz", 3/8 com crista "rosa", 1/8 com crista "ervilha" e 1/8 com crista "simples". Quais os genótipos paternos, com relação ao tipo de crista?

A) **RrEE** x **Rree**

B) **RrEe** x **Rree**

C) **RREe** x **Rree**

D) **Rree** x **Rree**

E) **RREE** x **RRee**

02. (UFMG) No homem, a surdez congênita é devido à homozigose de pelo menos um dos dois genes recessivos **d** ou **e**. São necessários os dois genes dominantes **D** e **E** para a audição normal.

Fernando, que é surdo, casou-se com Lúcia, que também é surda. Tiveram 6 filhos, todos de audição normal. Portanto, você pode concluir que o genótipo dos filhos é

A) **Ddee**.

B) **ddEE**.

C) **DdEe**.

D) **DDEE**.

E) **DDEe**.

03. (FCMSC-SP) Cavalos sem genes dominantes percorrem 1 000 metros em 80 segundos. Cada gene dominante no genótipo reduz 5 segundos do tempo para o cavalo percorrer 1 000 metros. Na genealogia a seguir, Trovão, Faísca e Prata são igualmente velozes, mas apresentam genótipos diferentes, enquanto Darkita e Alvo apresentam o mesmo genótipo.

Qual dos seguintes cruzamentos poderá apresentar, na descendência, o cavalo mais veloz?

A) Trovão x Darkita

B) Prata x Silver

C) Alvo x Nata

D) Prata x Alvo

E) Faísca x Darkita

04. (UFU-MG) Na interação gênica complementar, a manifestação de um fenótipo vai depender da presença de dois ou mais pares de genes que se complementam. Um exemplo desse tipo de interação ocorre com a flor ervilha-de-cheiro (*Lathyrus*), que pode ser colorida ou branca. Para haver cor, é preciso que estejam presentes dois genes dominantes **P** e **C**. Na ausência de pelo menos um desses genes dominantes, a flor será branca. No cruzamento entre duas plantas de flores coloridas e duplo-heterozigotas (**PpCc**), a proporção de plantas com flores coloridas para plantas com flores brancas será de

A) 9:7.

B) 1:15.

C) 1:3.

D) 12:4.

05. (CESCEM–SP) Em cebola, a cor do bulbo é resultado da ação de dois pares de genes que interagem. O gene **C**, dominante, determina bulbo colorido, e seu recessivo **c** determina bulbo incolor (branco). O gene **B**, dominante, determina bulbo vermelho, e seu recessivo **b**, bulbo amarelo. Cruzando-se indivíduos heterozigotos para os dois genes, obteremos descendentes na seguinte proporção:

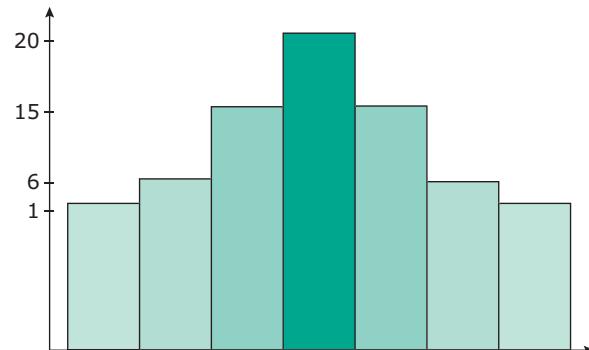
A) 12 vermelhos:3 brancos:4 amarelos

B) 12 brancos:3 vermelhos:4 amarelos

C) 9 brancos:3 amarelos:4 vermelhos

D) 9 vermelhos:3 brancos:4 amarelos

E) 9 vermelhos:3 amarelos:4 brancos

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (Unifor-CE) Na moranga, a cor dos frutos deve-se às seguintes combinações de genes:

B_aa = amarelo

bbaa = verde

bbA_ = branco

B_A_ = branco

Essas informações permitem concluir que o gene

A) **A** é epistático sobre seu alelo.

B) **B** é epistático sobre **A** e sobre **a**.

C) **a** é hipostático em relação a **A**.

D) **b** é hipostático em relação a **B**.

E) **A** é epistático sobre **B** e sobre **b**.

02. (Unip-SP) O cruzamento **AaBbCc** x **AaBbCc** produziu uma geração cuja proporção fenotípica aparece no gráfico a seguir:

Tal distribuição fenotípica ilustra um caso de

A) polialelia.

B) codominância.

C) herança quantitativa.

D) epistasia.

E) pleiotropia.

03. (UFU-MG) A cor da pelagem em cavalos depende, entre outros fatores, da ação de dois pares de genes **Bb** e **Ww**. O gene **B** determina pelos pretos, e o seu alelo **b** determina pelos marrons. O gene dominante **W** inibe a manifestação da cor, fazendo com que o pelo fique branco, enquanto o alelo recessivo **w** permite a manifestação da cor. Cruzando-se indivíduos heterozigotos para os dois pares de genes, obtém-se

A) 3 brancos:1 preto.

B) 9 brancos:3 pretos:3 mesclados de marrom e preto: 1 branco.

C) 1 preto:2 brancos:1 marrom.

D) 12 brancos:3 pretos:1 marrom.

E) 3 pretos:1 branco.

04. (PUC-SP) A variação da cor da pele humana pode ser explicada através da interação de dois pares de genes aditivos. Os indivíduos homozigotos, para os genes **A** e **B**, seriam pretos e, para os genes **a** e **b**, seriam brancos. Do casamento de indivíduos com esses dois genótipos, resultariam mulatos de cor intermediária entre as dos pais.

O genótipo dos mulatos mencionados anteriormente seria

A) **AABB**.

B) **aabb**.

C) **AaBb**.

D) **AAbb**.

E) **Aabb**.

05. (UFMG) A cor da pele humana é condicionada por dois pares de genes com ausência de dominância, sendo que o genótipo do indivíduo negro é **SSTT**, e do indivíduos brancos, **sstt**. Os vários tons para mulato (escuro, médio e claro) dependem das combinações de genes para negro e branco.

A habilidade para a mão direita (destro) é condicionada por um gene dominante **E**, e a habilidade para a mão esquerda (canhoto), pelo gene recessivo **e**.

Do casamento de um mulato médio e destro (heterozigoto) com uma mulher mulata clara e canhota, qual a probabilidade de o casal ter duas meninas brancas e canhotas, sendo que já possuem um filho branco e destro?

A) 1/16

B) 1/6

C) 1/32

D) 1/576

E) 1/1 024

06. (Cesesp-PE) Quando, em uma espécie, um gene inibe a ação de um outro que não é o seu alelo, denominamos de

A) ausência de dominância.

B) codominância.

C) dominância incompleta.

D) herança quantitativa.

E) epistasia.

07. (PUC-SP) Em galinhas, os genótipos **R_ee**, **rrE_**, **R_E_** e **rree** determinam, respectivamente, os seguintes tipos de cristas: rosa, ervilha, noz e simples. Em 80 descendentes provenientes do cruzamento **Rree** x **rrEe**, o resultado esperado é o seguinte:

A) 20 noz, 20 rosa, 20 ervilha, 20 simples

B) 30 noz, 30 rosa, 10 ervilha, 10 simples

C) 45 noz, 15 rosa, 15 ervilha, 5 simples

D) 45 noz, 30 rosa, 5 ervilha

E) 60 noz, 20 simples

08. (FCMSC-SP) Suponhamos que o genótipo **aabb** condicione uma altura de 150 cm nos cafeeiros e que qualquer alelo de "letra maiúscula" some 5 cm à altura inicial. De acordo com esses dados, excluindo-se as possibilidades de mutação, imaginemos um lavrador que possua duas plantas: uma com 165 cm e outra com 155 cm. Cruzando uma planta com a outra, qual das conclusões a seguir é **VERDADEIRA**?

A) O lavrador poderá obter cafeeiros com 175 cm de altura.

B) O lavrador não poderá obter cafeeiros com 170 cm de altura.

C) O lavrador obterá uma descendência de cafeeiros, todos com a mesma altura.

D) O lavrador poderá obter, no máximo, cinco alturas diferentes para seus cafeeiros.

E) O lavrador poderá obter, no máximo, quatro alturas diferentes para seus cafeeiros.

09. (VUNESP-SP) A altura de uma certa espécie de planta é determinada por dois pares de genes **A** e **B** e seus respectivos alelos **a** e **b**. Os alelos **A** e **B** apresentam efeito aditivo e, quando presentes, cada alelo acrescenta à planta 0,15 m. Verificou-se que as plantas dessa espécie variam de 1,00 m a 1,60 m de altura. Cruzando-se as plantas **AaBB** com **aabb**, pode-se prever que, entre os descendentes,

A) 100% terão 1,30 m de altura.

B) 75% terão 1,30 m e 25% terão 1,45 m de altura.

C) 25% terão 1,00 m e 75% terão 1,60 m de altura.

D) 50% terão 1,15 m e 50% terão 1,30 m de altura.

E) 25% terão 1,15 m, 25% 1,30 m, 25% 1,45 m e 25% 1,60 m de altura.

10. (PUC Minas) Na espécie humana, ocorre um tipo de surdez congênita, determinada pela homozigose dos genes recessivos **d** e **e**, que interagem na determinação do caráter. Os genótipos **D_E_** produzirão indivíduos com audição normal, enquanto todos os outros genótipos produzirão indivíduos surdos. No casamento de indivíduos com audição normal, duplo-heterozigotos para os pares de alelos, assinale a proporção esperada de descendentes normais heterozigotos para pelo menos um dos pares.

A) 9/16

B) 12/16

C) 3/9

D) 5/9

E) 8/16

11. (PUC Minas–2006) Em cães da raça labrador *retriever*, a cor da pelagem é determinada por um tipo de interação gênica epistática de acordo com o esquema a seguir:

Fenótipos	Preta	Chocolate	Amarela
Genótipos	BBEE BbEE BBEe BbEe	bbEE bbEe	BBee Bbee bbee

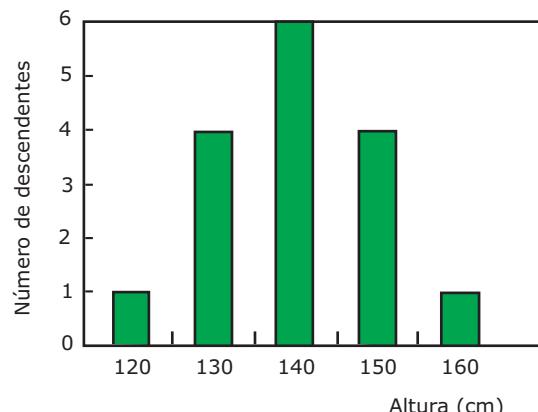
Sabendo que o cruzamento (geração parental) entre um macho com fenótipo chocolate e uma fêmea de fenótipo amarela gera apenas filhotes com pelagem preta (geração F1), um criador fez as seguintes afirmações:

I. Todos os filhotes produzidos nesse cruzamento são heterozigotos, enquanto os pais são homozigotos para os dois pares de genes.

II. No cruzamento da fêmea parental com qualquer cão de pelagem preta, não se espera a produção de descendentes com fenótipo chocolate.

III. No cruzamento da fêmea amarela com um de seus filhotes de F1, espera-se que 50% dos descendentes apresentem pelagem amarela.

IV. No cruzamento entre os filhotes de F1, espera-se que 25% dos descendentes apresentem pelagem chocolate.

São afirmações **CORRETAS**

A) I, II e III, apenas.

B) II, III e IV, apenas.

C) I, III e IV, apenas.

D) I, II, III e IV.

12. (UFRGS–2006) Na cebola, a presença de um alelo dominante **C** determina a produção de bulbo pigmentado; em cebolas **cc**, a enzima que catalisa a formação de pigmento não é produzida (cebolas brancas). Outro gene, herdado de forma independente, apresenta o alelo **B**, que impede a manifestação de gene **C**. Homozigotos **bb** não têm a manifestação da cor do bulbo impedida.

Quais as proporções fenotípicas esperadas do cruzamento de cebolas homozigotas coloridas com **BBcc**?

A) 9/16 de cebolas brancas e 7/16 de cebolas coloridas

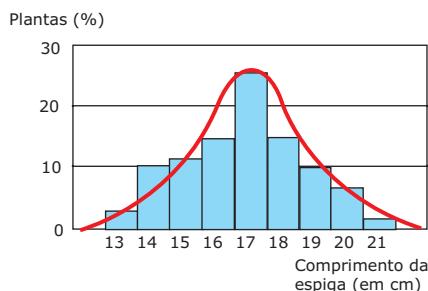
B) 12/16 de cebolas brancas e 4/16 de cebolas coloridas

C) 13/16 de cebolas brancas e 3/16 de cebolas coloridas

D) 15/16 de cebolas brancas e 1/16 de cebolas coloridas

E) 16/16 de cebolas brancas

13. (UnB-DF) A altura de uma planta depende de dois pares de genes, **A** e **B**. O gráfico adiante mostra a variação da altura dos descendentes de dois indivíduos di-híbridos.

Com relação ao gráfico, julgue os itens que se seguem.

( ) Os efeitos quantitativos dos alelos **A** e **B** são, respectivamente, 40 e 30 cm.

( ) A frequência de descendentes heterozigotos, para os dois genes, é de 50%.

( ) Estão ilustrados cinco genótipos.

( ) A herança apresentada é poligênica.

SEÇÃO ENEM

01. Em um caso de herança quantitativa (poligênica), o número de genes envolvidos (número de poligenes) e o número de fenótipos possíveis obedecem à seguinte relação:

N.º de poligenes = N.º de fenótipos – 1

O gráfico a seguir refere-se a uma característica poligênica de uma planta, onde estão representados os diferentes tipos de fenótipos para a característica comprimento da espiga.

Fonte: LOPES. S. *Bio 3*. São Paulo: Saraiva, 2006, p. 145.

É **CORRETO** dizer que a característica em questão envolve a participação de

A) 10 poligenes.
B) 9 poligenes.
C) 8 poligenes.
D) 21 poligenes.
E) 20 poligenes.

02. A cor da íris do olho humano varia do azul claro ao castanho-escuro ("preto"), passando pelo cinza, verde, avelã e por algumas tonalidades de castanho. Essas diferentes cores são produzidas pela presença de diferentes quantidades do pigmento melanina, o mesmo que dá cor à pele e aos pelos.

Vamos considerar que a cor dos olhos na espécie humana seja resultado de uma interação entre quatro pares de poligenes. A tabela a seguir mostra o número de alelos efetivos no genótipo e os respectivos fenótipos.

Número de alelos efetivos no genótipo	Cor dos olhos
0	Azul-claro
1	Azul-médio
2	Azul-escuro
3	Cinza
4	Verde
5	Avelã
6	Castanho-claro
7	Castanho-médio
8	Castanho-escuro

Fonte: BURNS; Bottno. *Genética*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. p. 288.

Um casal, onde o homem tem olhos castanho-escuros e a mulher, olhos azul-claros, teve uma filha. Considerado as informações fornecidas pela tabela e não considerando ocorrência de mutações, conclui-se que a filha deste casal tem olhos

A) olhos azuis.
B) olhos cinza.
C) olhos verdes.
D) olhos avelã.
E) olhos castanhos.

GABARITO

Fixação

01. B
02. C
03. D
04. A
05. E

Propostos

01. E
02. C
03. D
04. C
05. E
06. E
07. A
08. B
09. D
10. E
11. A
12. E
13. F F F V

Seção Enem

01. C
02. C

BIOLOGIA

MÓDULO 06 FRENTE D

Genética: herança dos grupos sanguíneos

SISTEMA ABO

No chamado sistema ABO, o sangue humano é classificado em quatro tipos ou grupos: sangue A, sangue B, sangue AB e sangue O. Essa classificação baseia-se em certos tipos de aglutinogênios (antígenos) presentes na membrana plasmática das hemácias e em certos tipos de aglutininas (anticorpos) presentes no plasma. Veja o quadro a seguir:

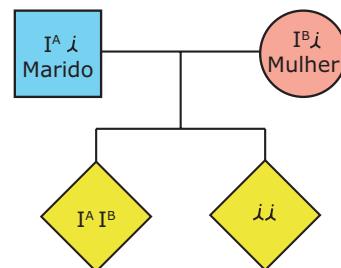
Tipo sanguíneo	Aglutinogênio(s)	Aglutininas
A	A (α)	anti-B
B	B (β)	anti-A
AB	A (α) e B (β)	ausente
O	ausente	anti-A e anti-B

Essa característica é um caso de polialelia (alelos múltiplos), e os genes com ela relacionados são:

- Gene $\mathbf{I^A}$ ou **A**: Determina a formação de sangue tipo A.
- Gene $\mathbf{I^B}$ ou **B**: Determina a formação de sangue tipo B.
- Gene i ou **o**: Determina a formação de sangue tipo O.

Entre os genes $\mathbf{I^A}$ e i, temos um caso de herança com dominância absoluta, o mesmo ocorrendo entre os genes $\mathbf{I^B}$ e i. Já entre os genes $\mathbf{I^A}$ e $\mathbf{I^B}$, há uma codominância. O quadro a seguir mostra os diferentes genótipos com os respectivos fenótipos para essa característica.

Genótipos	Fenótipos
I^AI^A ou AA	Sangue tipo A
I^Ai ou AO	Sangue tipo A
I^BI^B ou BB	Sangue tipo B
I^Bi ou BO	Sangue tipo B
I^AI^B ou AB	Sangue tipo AB
ii ou OO	Sangue tipo O

O quadro a seguir mostra as possíveis trocas sanguíneas por doação e por recepção no sistema ABO.

Grupo sanguíneo	Pode doar a	Pode receber de
A	A e AB	A e O
B	B e AB	B e O
AB	AB	A, B, AB, O
O	O, A, B, AB	O

Vejamos, agora, alguns exemplos da herança do sistema ABO:

- Uma mulher do grupo sanguíneo B precisa urgentemente receber sangue. Sabendo que seu marido pertence ao grupo A e que seus dois filhos são um do grupo AB e outro do grupo O, determinar

  A) o genótipo das pessoas citadas.

  B) as pessoas, entre as citadas, que poderão doar sangue a essa mulher.

Resolução:

Com os dados fornecidos pelo enunciado, podemos construir a seguinte genealogia.

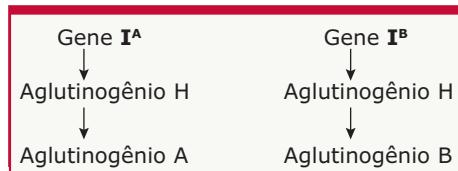
A) O filho do grupo O tem genótipo ii; daí deduz-se que tanto o marido como a mulher são portadores do gene i. Como o marido pertence ao grupo A, conclui-se que seu genótipo é $\mathbf{I^A}i$. E, sendo a mulher do grupo B, seu genótipo é $\mathbf{I^B}i$. O filho do grupo AB tem, evidentemente, genótipo $\mathbf{I^AI^B}$.

Resposta: Mulher: $\mathbf{I^B}i$; Marido: $\mathbf{I^A}i$; Filhos: $\mathbf{I^AI^B}$ e ii

B) Sendo a mulher do grupo B, poderá receber sangue apenas de indivíduos pertencentes ao próprio grupo B ou ao grupo O. Logo, entre os indivíduos citados, apenas o filho do grupo O poderá doar sangue à referida mulher.

Resposta: Apenas o filho do grupo O.

- Uma mulher "receptora universal" para o sistema ABO casa-se com um indivíduo cujos avós paternos e maternos são "doadores universais". Como poderão ser os fenótipos sanguíneos dos filhos desse casal?

Resolução:

A mulher, sendo "receptora universal", pertence ao grupo sanguíneo AB e, portanto, seu genótipo é $\mathbf{I^AI^B}$. O homem, cujos avós paternos são do grupo O (ii) e avós maternos também do grupo O (ii), tem pai e mãe do grupo O (ii). Logo, esse homem também pertence ao grupo O e tem o genótipo ii. Assim, do casamento entre uma mulher $\mathbf{I^AI^B}$ com um homem ii, os filhos poderão ser do grupo A ($\mathbf{I^A}i$) ou do grupo B ($\mathbf{I^B}i$), conforme mostra o genograma a seguir:

Gametas	I^A	I^B
i	I^Ai sangue A	I^Bi sangue B
i	I^Ai sangue A	I^Bi sangue B

Resposta: Sangue tipo A ou sangue tipo B.

OBSERVAÇÃO

Na realidade, a herança do sistema ABO envolve a participação de dois pares de genes situados em cromossomos homólogos distintos. Trata-se, portanto, de um caso de interação gênica envolvendo dois pares de genes. Um desses pares é constituído pelos genes **H** e **h**. O gene **H** determina a formação de um antígeno, o aglutinogênio **H**, enquanto o gene **h** impede a formação desse aglutinogênio. Assim, para esse par de genes, podemos ter os seguintes genótipos: **HH**, **Hh** e **hh**. Indivíduos **HH** ou **Hh** produzem o aglutinogênio **H**, enquanto os indivíduos **hh** não produzem esse aglutinogênio. É a partir do aglutinogênio **H** que são formados os aglutinogênios A e B do sistema ABO. Assim, o gene $\mathbf{I^A}$, agindo sobre o aglutinogênio **H**, promove a síntese do aglutinogênio A, enquanto o gene $\mathbf{I^B}$ determina a formação do aglutinogênio B.

*Observe que, para formar aglutinogênios A e B, primeiro é preciso que se forme o aglutinogênio **H**.*

Pelo que acabamos de ver, o indivíduo, para ser do grupo sanguíneo A, além de ser $\mathbf{I^AI^A}$ ou $\mathbf{I^A}i$, precisa ter também pelo menos um gene **H**; para ser do grupo B, além de ser $\mathbf{I^BI^B}$ ou $\mathbf{I^B}i$, também precisa ter pelo menos um gene **H**, e para ser do grupo AB, além de ser $\mathbf{I^AI^B}$, precisa ter pelo menos um gene **H**. Se o indivíduo for **hh**, não haverá a produção do aglutinogênio **H** e, nesse caso, mesmo que tenha os genes $\mathbf{I^A}$ e / ou $\mathbf{I^B}$, não haverá a produção dos aglutinogênio A e / ou B.

Concluímos, então, que os genótipos e os fenótipos para o sistema ABO são:

Genótipos	Fenótipos
HHI^AI^A, HHI^Ai, HhI^AI^A, HhI^Ai	Sangue A
HHI^BI^B, HHI^Bi, HhI^BI^B,HhI^Bi	Sangue B
HHI^AI^B, HhI^AI^B	Sangue AB
$HHii$, $Hhii$	Sangue O
hhI^AI^A, hhI^Ai, hhI^BI^B, hhI^Bi, hhI^AI^B, $hhii$	Sangue "Falso" O

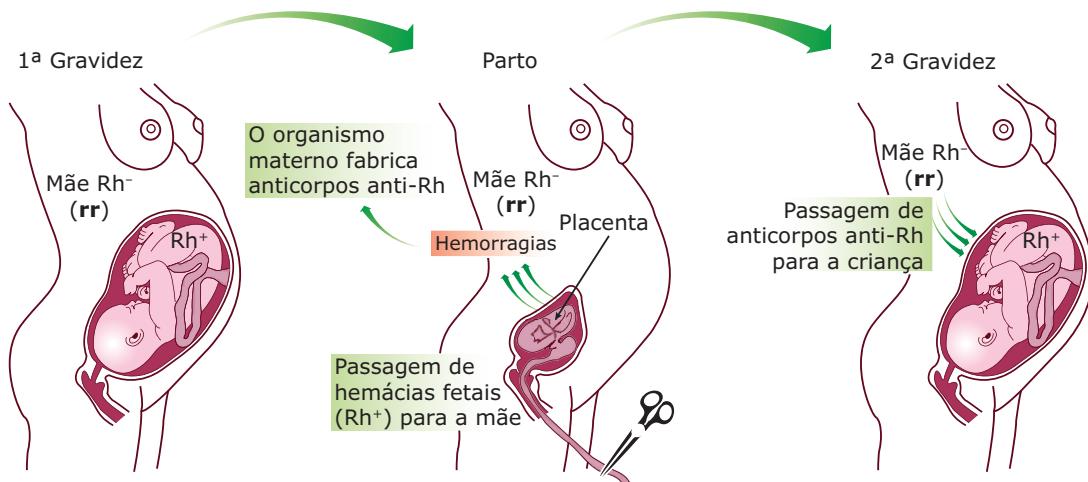
Os indivíduos de genótipos **HH**ii, **Hh**ii e os de genótipos $\mathbf{hhI^AI^A}$, $\mathbf{hhI^A}i$, $\mathbf{hhI^BI^B}$, $\mathbf{hhI^B}i$, $\mathbf{hhI^AI^B}$, **hh**ii, por meio das técnicas tradicionais de determinação da tipagem sanguínea, são identificados como sendo do grupo sanguíneo O. A diferença entre o "verdadeiro" O e o "falso" O é dada pelo aglutinogênio **H**. O verdadeiro O não possui os aglutinogênios A e B, mas possui o aglutinogênio **H**. O "falso" O, além de não possuir os aglutinogênios A e B, também não tem o aglutinogênio **H**. Os indivíduos "falso" O correspondem a uma pequena parcela da população (menos de 1%), sendo mais frequentes na Índia, especialmente na região de Bombaim, vindo daí a expressão fenótipo Bombaim para se referir ao sangue "falso" O.

Como a frequência em nossa população do sangue "falso" O é muito baixa, ao resolvermos problemas relacionados com a herança do sistema ABO, normalmente consideramos apenas os genes $\mathbf{I^A}$, $\mathbf{I^B}$ e i.

SISTEMA RH (SISTEMA D)

Nesse sistema, o sangue humano é classificado em dois tipos: Rh positivo (Rh^+) e Rh negativo (Rh^-). Essa classificação baseia-se na presença ou não na membrana das hemácias do aglutinogênio (antígeno) fator Rh (fator D). As pessoas que possuem o fator Rh são ditas Rh^+ (Rh positivo), enquanto as que não o possuem são Rh^- (Rh negativo).

A presença ou não do fator Rh na membrana das hemácias é determinada pelos seguintes genes:

- Gene **R** (gene **D**): Determina a formação do fator Rh, ou seja, determina que o sangue seja Rh^+ (Rh positivo).
- Gene **r** (gene **d**): Não determina a formação do fator Rh, ou seja, determina que o sangue seja Rh^- (Rh negativo).

Como entre esses dois alelos há dominância absoluta, os possíveis genótipos e respectivos fenótipos para essa característica são:

Fator Rh	
Genótipos	**Fenótipos**
RR (DD)	Rh^+ (Rh positivo) ou D^+ (D positivo)
Rr (Dd)	Rh^+ (Rh positivo) ou D^+ (D positivo)
rr (dd)	Rh^- (Rh negativo) ou D^- (D negativo)

As pessoas Rh⁻ ou D⁻ não nascem com a aglutinina anti-Rh ou anti-D, mas têm a capacidade de produzi-la quando o seu sangue entra em contato com o aglutinogênio Rh. Isso, evidentemente, pode ocorrer quando se realizam transfusões sanguíneas erradas, ou seja, quando uma pessoa Rh^- recebe sangue Rh^+. O quadro a seguir mostra como devem ser as transfusões sanguíneas, considerando o sistema Rh.

Tipo de sangue	Pode doar a	Pode receber de
Rh^+	Rh^+	Rh^+ e Rh^-
Rh^-	Rh^+ e Rh^-	Rh^-

Outro problema muito importante relacionado ao sistema Rh é a incompatibilidade materno-fetal, ocasionando a eritroblastose fetal, também conhecida por doença hemolítica do recém-nascido (DHRN). A ocorrência dessa doença só é possível quando a mãe for Rh^- (Rh negativo) e gerar uma criança Rh^+ (Rh positivo). Evidentemente, para que essa situação ocorra, o pai da criança deverá ser Rh^+ (Rh positivo).

Esquema mostrando a origem da eritroblastose fetal *– Quando a mãe tem sangue Rh^- e gera um filho Rh^+, o seu organismo sofre, notadamente por ocasião do parto (quando do descolamento da placenta), uma invasão de hemácias fetais que contêm o aglutinogênio Rh, estranhos a ela. Com isso, há uma sensibilização do organismo dessa mulher ao fator Rh que, assim, começa a produzir e a acumular no sangue a aglutinina anti-Rh. Em gestações posteriores, as aglutininas anti-Rh maternas podem atravessar as barreiras placentárias e alcançar a circulação do feto. Sendo esses filhos também Rh^+, haverá a incompatibilidade entre as aglutininas anti-Rh provenientes da circulação materna com as hemácias fetais que contêm o fator Rh, ocasionando a aglutinação do sangue da criança, com destruição das suas hemácias (hemólise). Num mecanismo de defesa, a medula óssea vermelha da criança começa a lançar, na circulação, hemácias ainda muito jovens, os eritroblastos. Daí, o nome eritroblastose fetal.*

Quando uma criança nasce e é feito o diagnóstico da doença hemolítica do recém-nascido, a mesma poderá ser salva por meio da exotransfusão sanguínea. Trata-se de um procedimento que consiste em substituir gradualmente todo o sangue da criança por sangue Rh^-. Isso dará tempo para que no organismo da criança ocorra a destruição das aglutininas anti-Rh recebidas da mãe, até que haja a produção de novas hemácias com o fator Rh. Há casos mais graves nos quais a criança nasce profundamente edemaciada (inchada) e, nesses casos, o índice de mortalidade costuma ser elevado.

Não devemos esquecer também que, atualmente, a eritroblastose fetal pode ser prevenida através da administração à mãe Rh^- (dentro das 72 horas após o parto) de um soro contendo elevadas doses de aglutinina anti-Rh, também chamada de imunoglobulina anti-D. Dessa forma, esses anticorpos vão destruir rapidamente na circulação materna todas as hemácias contendo o fator Rh provenientes do feto. Isso evitará que o organismo materno faça o reconhecimento do fator Rh como sendo um elemento estranho e, consequentemente, impedirá que essa mulher se sensibilize ao fator Rh, ou seja, a mulher não produzirá em seu próprio organismo a aglutinina anti-Rh. Uma vez eliminadas as hemácias invasoras provenientes da circulação do feto, o organismo materno metaboliza os anti-Rh que recebeu em altas doses após o parto.

A aplicação desse soro contendo elevada dose de anti-Rh só é válida se feita logo após o primeiro parto de filho Rh^+ e repetida todas as vezes que nascerem novos filhos Rh^+. Numa mulher que já esteja sensibilizada ao fator Rh, ou seja, que já produz e tem circulando em seu corpo o anti-Rh, a aplicação desse soro não tem qualquer significado.

Vejamos agora um exemplo da herança do sistema Rh:

- Um homem, cujos pais são Rh^-, casa-se com uma mulher Rh^+, filha de pai Rh^+ e mãe Rh^-. Qual a probabilidade de o primeiro filho do casal ser uma criança Rh^+?

Resolução:

O homem em questão é Rh^- (**rr**), uma vez que seus pais também são Rh^-. A mulher é Rh^+ heterozigota (**Rr**), uma vez que recebeu de sua mãe o gene **r**. Então, o casal em questão é **rr** x **Rr**. A probabilidade de esse casal ter uma criança Rh^+ será de 1/2 (50%).

Resposta: 1/2 (50%)

SISTEMA MN

Nesse sistema, o sangue humano é classificado em três tipos: sangue M, sangue N e sangue MN. Os indivíduos que têm sangue M possuem na membrana de suas hemácias o aglutinogênio M; os indivíduos de sangue N possuem o aglutinogênio N, e os de sangue MN possuem os aglutinogênios M e N.

Os genes responsáveis pela determinação do tipo de sangue nesse sistema de classificação são:

- Gene $\mathbf{L^M}$: Determina a formação de sangue tipo M.
- Gene $\mathbf{L^N}$: Determina a formação de sangue tipo N.

Entre esses dois genes há uma codominância. Assim, quando esses dois genes estiverem juntos no mesmo genótipo, o indivíduo terá sangue MN.

Para essa característica distinguem-se, então, três genótipos e três fenótipos diferentes, conforme mostra o quadro a seguir:

Sistema MN	
Genótipos	**Fenótipos**
L^ML^M	Sangue tipo M
L^NL^N	Sangue tipo N
L^ML^N	Sangue tipo MN

Quanto às transfusões sanguíneas, normalmente o sistema MN não causa grandes preocupações, já que não existem previamente os anticorpos anti-M e anti-N no plasma dos indivíduos. Transfusões repetidas podem, no entanto, sensibilizar o indivíduo e desencadear a produção desses anticorpos.

O conhecimento do tipo de sangue para o sistema MN é muitas vezes de grande valia em Medicina Legal, especialmente nos exames de exclusão de paternidade. Veja o exemplo a seguir:

- Uma mulher do grupo sanguíneo AB, Rh^-, M acusa, na Justiça, um indivíduo do grupo O, Rh^+, MN de ser o pai de seu filho, uma criança do grupo A, Rh^+, N. Essa acusação pode ser contestada pela genética? Explicar.

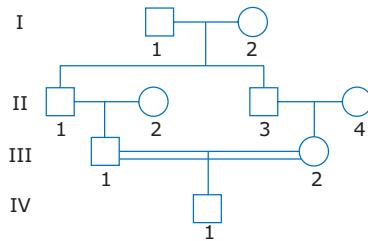
Resolução:

Considerando apenas o sistema ABO, o indivíduo pode ser o pai, uma vez que um indivíduo do grupo O (ii) com uma mulher do grupo AB ($\mathbf{I^AI^B}$) pode ter filhos $\mathbf{I^A}i$, ou seja, do grupo A.

Quanto ao sistema Rh, a criança em questão também pode ser filha do casal, uma vez que a união de um indivíduo Rh^+ (**RR** ou **Rr**) com uma mulher Rh^- (**rr**) pode gerar filhos **Rr**, isto é, Rh^+.

Quanto ao sistema MN, porém, a criança não pode ser filha desse casal, uma vez que a união de um indivíduo do grupo MN ($\mathbf{L^ML^N}$) com uma mulher do grupo M ($\mathbf{L^ML^M}$) só pode gerar filhos dos grupos M ($\mathbf{L^ML^M}$) ou MN ($\mathbf{L^ML^N}$), não sendo possível o nascimento de criança do grupo N ($\mathbf{L^NL^N}$).

Resposta: A acusação pode ser contestada através da genética, uma vez que uma criança do grupo N ($\mathbf{L^NL^N}$) não pode ser filha de um casal, no qual a mãe é do grupo M ($\mathbf{L^ML^M}$) e o pai, do grupo MN ($\mathbf{L^ML^N}$). Assim, através da herança genética dos grupos sanguíneos, pode-se excluir o indivíduo em questão de ser o possível pai da criança.

OBSERVAÇÃO

Através do exame da tipagem sanguínea, pode-se, muitas vezes, excluir um indivíduo de ser o pai de determinada criança, ou excluir a possibilidade de uma criança ser filha de determinado casal. Esse exame, entretanto, não permite a confirmação da paternidade ou a confirmação de que uma criança é realmente filha de determinado casal. Para a confirmação da paternidade, há um exame mais sofisticado, o teste do DNA, que permite confirmar a paternidade com 99,9% de certeza. Trata-se de um teste que compara segmentos de DNA da criança, da mãe e do(s) possível(eis) pai(s). O teste do DNA também permite decidir a filiação de um criança que esteja sendo disputada por dois ou mais casais.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC Minas) No ambulatório de uma pequena cidade do interior, estava D. Josefa, que precisava urgentemente de transfusão sanguínea, mas não sabia o seu grupo sanguíneo. Como faltavam antissoros para a determinação dos grupos sanguíneos no sistema ABO, Dr. Epaminondas, que é do grupo A, usou de um outro recurso: retirou um pouco de seu próprio sangue do qual separou o soro, fazendo o mesmo com o sangue de D. Josefa. O teste subsequente revelou que o soro do Dr. Epaminondas provocava aglutinação das hemácias de D. Josefa, mas o soro de D. Josefa não era capaz de aglutinar as hemácias do Dr. Epaminondas.

A partir dos resultados, Dr. Epaminondas pôde concluir que D. Josefa apresenta sangue do grupo

A) A.

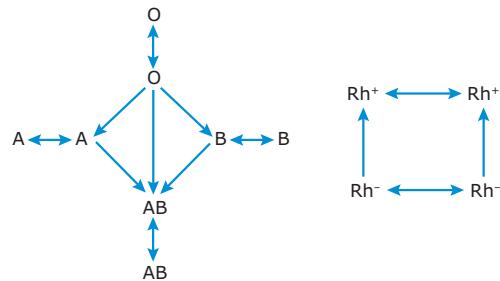
B) B.

C) AB.

D) O.

02. (FCMMG) O heredograma a seguir representa os tipos de grupos sanguíneos dos indivíduos de uma família.

Observações:

- Os indivíduos I.1 e I.2 apresentam grupos sanguíneos diferentes e apenas um tipo de aglutinógeno.
- O indivíduo II.1 pode receber sangue de todos os tipos sanguíneos.
- Os indivíduos II.2 e III.1 têm fenótipo igual ao de I.2 e apenas aglutinina anti-A.
- Os indivíduos II.3, II.4 e III.2 têm genótipo igual ao de I.1.
- O indivíduo IV.1 tem fenótipo diferente de todos os indivíduos citados.

Analise o heredograma de acordo com as observações e marque a alternativa **INCORRETA**.

A) I.1 apresenta aglutinógeno A.

B) Os genótipos de I.2, II.2 e III.1 são iguais.

C) O indivíduo IV.1 apresenta aglutinina nas hemácias.

D) Oito indivíduos no heredograma são heterozigotos para os grupos sanguíneos.

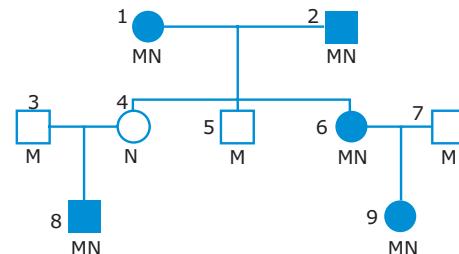
03. (UFJF-MG) Além do teste de DNA, há exames mais simples que podem ajudar a esclarecer dúvidas sobre paternidade. Por exemplo, o teste de tipagem sanguínea do sistema ABO permite determinar quem não pode ser o pai. Assinale a alternativa que apresenta uma situação em que esse exame assegura a exclusão da paternidade.

A) O filho é do tipo O, a mãe do tipo O e o suposto pai do tipo A.

B) O filho é do tipo AB, a mãe do tipo AB e o suposto pai do tipo O.

C) O filho é do tipo AB, a mãe do tipo A e o suposto pai do tipo B.

D) O filho é do tipo B, a mãe do tipo B e o suposto pai do tipo O.

E) O filho é do tipo A, a mãe do tipo A e o suposto pai do tipo B.

04. (PUC Minas–2007) Os esquemas mostram as possíveis transfusões de sangue tradicionais em relação aos sistemas ABO e Rh.

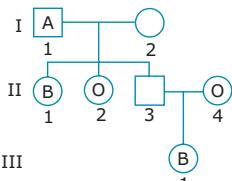
Pode-se dizer que os tipos sanguíneos mais difíceis e mais fáceis para receber sangue são, respectivamente,

A) O Rh^+ e O Rh^-.

B) O Rh^- e AB Rh^+.

C) A Rh^- e OB Rh^+.

D) AB Rh^+ e O Rh^-.

05. (Cesgranrio) A observação do esquema a seguir, que representa a genealogia de uma família em relação aos grupos sanguíneos MN, nos permite afirmar que

A) sangue MN é característica determinada por gene dominante.

B) os indivíduos 4 e 5 são heterozigotos.

C) o casal 3 e 4 poderá ter filhos dos três tipos de grupos sanguíneos.

D) se o indivíduo 5 casar-se com uma mulher de sangue N, todos os filhos serão heterozigotos.

E) um próximo filho do casal 6 e 7 poderá ser do grupo N.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

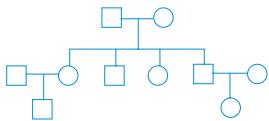
01. (UFMG) Um homem, cujo sangue possui aglutininas anti-A e anti-B, é casado com uma mulher que possui aglutinogênios A e B. As seguintes pessoas poderão receber sangue de pelo menos um dos filhos desse casamento, **EXCETO**

A) pessoas do grupo A.

B) pessoas do grupo B.

C) os irmãos.

D) o pai.

E) a mãe.

02. (PUC Minas) O heredograma a seguir representa os grupos sanguíneos de alguns indivíduos.

Em função do heredograma dado, é **CORRETO** afirmar:

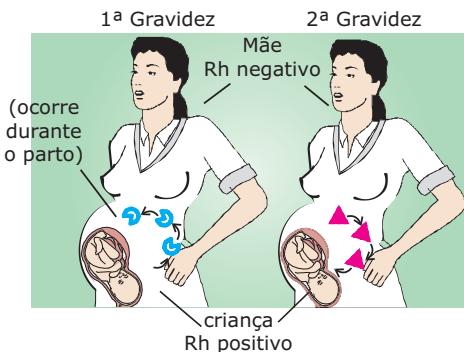
A) I.1 pode doar sangue para I.2 e II.3.

B) I.2 é obrigatoriamente do grupo sanguíneo B.

C) I.2 só pode receber sangue de II.2 e II.4.

D) II.3 é obrigatoriamente do grupo sanguíneo B.

E) III.1 é obrigatoriamente homozigoto.

03. (UFMG) Observe o heredograma.

Em análise de sangue dos indivíduos da primeira geração, constatou-se, em ambos, a ausência de antígeno Rh (característica condicionada por gene autossômico recessivo). Os indivíduos da terceira geração, entretanto, apresentaram esse antígeno. Dos casais representados, estão sujeitos a ter crianças com eritroblastose fetal

A) apenas I.1 x I.2.

B) apenas II.1 x II.2.

C) apenas II.5 x II.6.

D) apenas II.1 x II.2 e II.5 x II.6.

E) I.1 x I.2, II.1 x II.2 e II.5 x II.6.

04. (FUVEST-SP) Quando os cônjuges têm sangue do tipo AB, os tipos **POSSÍVEIS** de sangue dos filhos são apenas

A) A e AB.

B) A e B.

C) A, B e AB.

D) A, AB e O.

E) A, B e O.

05. (UFMG)

A presença do antígeno Rh (Rh^+) nas hemácias é condicionada por um gene autossômico dominante (**R**), e a ausência (Rh^-), pelo alelo recessivo correspondente (**r**). Com base nesses dados e no desenho, a alternativa **ERRADA** é:

A) Uma mulher Rh^- não apresenta naturalmente anticorpos anti-Rh.

B) Anticorpos anti-Rh são produzidos pelas pessoas Rh^- quando seu sangue entra em contato com o antígeno Rh.

C) O pai da criança pode ter genótipo **RR** ou **Rr**.

D) O genótipo da criança deve ser **Rr**.

E) Pelo menos um dos avós da criança deve ser Rh^-.

06. (FCMSC-SP) Um casal é estéril, pois a esposa tem atrofia de útero e o marido oligospermia (produz espermatozoides normais, mas em pequeno número). Além disso, sabe-se que ela é Rh^+ homozigota, e ele é Rh^-. O casal decide ter um "bebê de proveta", contando, para isso, com a colaboração de uma outra mulher que receberá em seu próprio útero o zigoto formado por aquele casal. Sabe-se que essa "mãe emprestada" já teve quatro filhos, sendo que os dois últimos apresentaram a doença hemolítica do recém-nascido. A probabilidade de o "bebê de proveta", após os nove meses no útero da "mãe emprestada", nascer com aquela doença hemolítica é

A) nula, pois sua mãe genética é homozigota.

B) nula, pois seu pai genético é Rh^- .

C) nula, pois tal doença só ocorre quando, num casal, a mãe é Rh^- e o pai, Rh^+.

D) alta, já que o "bebê de proveta" será Rh^+ com certeza.

E) alta, pois a "mãe emprestada" é Rh^+ .

07. (UFJF-MG) Uma mulher do grupo sanguíneo A, Rh positivo, teve uma criança do grupo B, Rh negativo. Dois indivíduos foram indicados como possíveis pais: o indivíduo X, do grupo sanguíneo B, Rh positivo, e o indivíduo Y, do grupo sanguíneo AB, Rh negativo. Considerando-se esses dados, qual a afirmativa **ERRADA**?

A) X pode ser homozigoto para os genes do sistema ABO.

B) A mulher é heterozigota tanto para os genes do sistema ABO quanto para os do sistema Rh.

C) Y não pode ser o pai da criança.

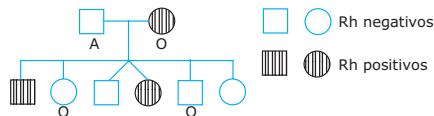
D) A criança pode doar sangue para X e Y.

E) A mãe não forma anticorpos anti-Rh.

08. (FUVEST-SP) Uma criança tem sangue do tipo O, Rh^+, M. O tipo sanguíneo de sua mãe é B, Rh^-, MN. O pai da criança poderia ser

A) AB, Rh^+, MN.
B) B, Rh^+, M.
C) O, Rh^+, N.
D) A, Rh^-, MN.
E) O, Rh^-, MN.

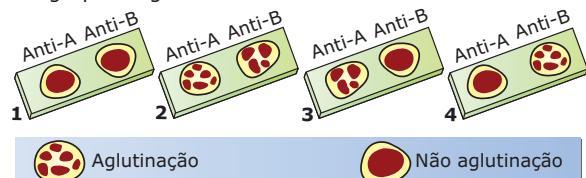
09. (OSEC–SP) A tabela a seguir indica os resultados das determinações dos grupos sanguíneos dos sistemas ABO e MN.

	Soro Anti-A	Soro Anti-B	Soro Anti-M	Soro Anti-N
♀	+	+	+	–
♂	–	+	+	+

Esses resultados permitem concluir que esse casal poderá ter um filho com qualquer um dos fenótipos a seguir, **EXCETO**

A) AB, M.
B) B, M.
C) B, MN.
D) AB, MN.
E) A, N.

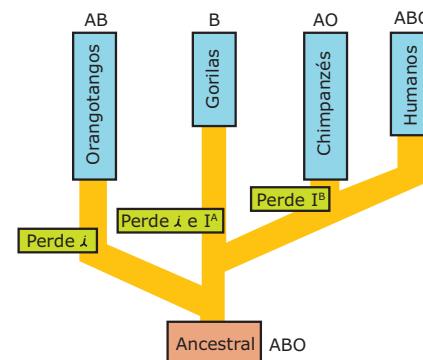
10. (FCMMG) Um médico patologista realiza exames de sangue e classifica-os em grupos sanguíneos pelo sistema ABO e pelo sistema Rh. Essas classificações são importantes para que as transfusões se façam com sucesso de doadores para receptores no mesmo grupo.

O patologista, ao executar os exames, baseia-se no fato de que

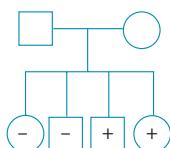
A) ocorrerá uma reação do tipo antígeno-anticorpo quando houver incompatibilidade de transfusão entre doador e receptor.
B) indivíduos do grupo A possuem antígeno B em suas hemácias e indivíduos do grupo B possuem antígeno A.
C) indivíduos do grupo O são receptores universais, podendo receber qualquer sangue, por não possuírem nenhum antígeno.
D) indivíduos do grupo AB possuem anticorpos A e B.

11. (UFMG) Este heredograma representa uma família na qual foram determinados os grupos sanguíneos do sistema ABO para alguns dos membros e do sistema Rh para todos os membros.

Com base nas informações contidas no heredograma e em seus conhecimentos sobre o assunto, é **INCORRETO** afirmar que

A) a probabilidade de o indivíduo I.2 formar gametas *i*R é de 50%.
B) a probabilidade de II.4 ter uma criança com eritroblastose fetal é de 0%.
C) os indivíduos Rh positivos da geração II pertencem ao grupo sanguíneo A, e os Rh negativos, ao grupo O.
D) o indivíduo I.1 é heterozigoto para uma das características.
E) os indivíduos II.3 e II.4 podem apresentar os dois tipos de aglutinina do sistema ABO.

12. (UFMG) Observe a figura que se refere à determinação de grupo sanguíneo ABO.

Com base nas informações contidas nessa figura e em seus conhecimentos sobre o assunto, pode-se afirmar que

A) indivíduos do tipo determinado em 4 podem doar sangue para 1 e 3.
B) indivíduos do tipo determinado em 3 podem ter genótipo I^BI^B ou I^Bi.
C) indivíduos do tipo determinado em 2 formam os dois tipos de antígenos.
D) indivíduos do tipo determinado em 1 podem receber sangue de todos os outros tipos.
E) crianças dos grupos A e O podem nascer da união de indivíduos dos tipos determinados em 1 e 4.

13. (PUC Minas–2006) O esquema apresenta uma árvore genealógica de alguns primatas e seus possíveis grupos sanguíneos no sistema ABO, de acordo com a seguinte composição genética:

- Indivíduos que apresentem apenas alelo dominante I^A e não apresentem I^B pertencem ao grupo A.
- Indivíduos que apresentem apenas alelo dominante I^B e não apresentem I^A pertencem ao grupo B.
- Indivíduos que apresentem os dois alelos dominantes I^A e I^B pertencem ao grupo AB.
- Indivíduos que apresentem apenas alelos recessivos *ii* pertencem ao grupo O.

De acordo com o esquema, somente humanos podem apresentar os quatro grupos sanguíneos no sistema ABO. Considerando-se apenas os antígenos do sistema ABO, é correto afirmar, **EXCETO**

A) Apenas dois dos primatas citados podem apresentar indivíduos doadores universais no sistema ABO.
B) Orangotangos podem apresentar três grupos sanguíneos, mas chimpanzés, apenas dois.
C) Apenas dois dos primatas da árvore podem apresentar indivíduos receptores universais no sistema ABO.
D) Alguns gorilas podem receber sangue de alguns orangotangos, mas não de chimpanzés.

14. (UFMG) O heredograma a seguir representa uma família da qual foram testados os indivíduos da segunda geração quanto à presença de antígeno Rh.

Os fenótipos desses indivíduos acham-se representados no interior dos respectivos símbolos onde (+) indica Rh positivo, e (–) indica Rh negativo. Considerando a incompatibilidade materno-fetal condicionada apenas pelo fator Rh, assinale a alternativa que cita todos os indivíduos que correm o risco de vir a ter filhos com eritroblastose fetal.

A) II-3, apenas.
B) II-4, apenas.
C) II-1 e II-2.
D) II-3 e II-4.
E) II-1 e II-3.

SEÇÃO ENEM

01. No quadro a seguir, estão os resultados do exame de tipagem sanguínea de dois indivíduos. Esse exame é realizado adicionando-se a gotas de sangue dos indivíduos os soros anti-A, anti-B e anti-Rh. A ocorrência de aglutinação está indicada pelo sinal + e ausência, pelo sinal –.

Indivíduo	Soro anti-A	Soro anti-B	Soro anti-Rh
♂	–	–	–
♀	+	+	+

Caso o casal de indivíduos em questão resolva ter um filho, qual é a probabilidade de a criança nascer com a doença hemolítica do recém-nascido e ser do grupo sanguíneo O?

A) 0% (zero)
B) 25%
C) 50%
D) 75%
E) 100%

02. O quadro a seguir mostra os tipos de aglutinogênios e aglutininas presentes nos diferentes grupos sanguíneos do sistema ABO.

Tipo de sangue	Aglutinogênio (nas hemácias)	Aglutininas (no plasma)
A	A	anti-B
B	B	anti-A
AB	A e B	ausente
O	ausente	anti-A e anti-B

Em qualquer transfusão sanguínea, a primeira opção é a de que o doador e o receptor sejam do mesmo grupo sanguíneo. Entretanto, em casos de urgência e desde que o volume de sangue necessitado não seja grande, é possível transfusões em que o doador e o receptor sejam de grupos distintos. Nesse caso, para saber se uma transfusão é possível de ser realizada, sem riscos para o receptor, deve-se conhecer o(s) aglutinogênio(s) do doador e a(s) aglutinina(s) do receptor. Havendo incompatibilidade entre eles, a transfusão não pode ser feita, ou seja: se o doador tiver aglutinogênio A, o receptor não poderá ter aglutinina anti-A; se o doador tiver aglutinogênio B, o receptor não poderá ter aglutinina anti-B.

A tabela a seguir mostra o resultado do exame de tipagem sanguínea para o sistema ABO, realizado com os membros de 267 famílias.

Pais	Nº de famílias	Filhos			
		O	A	B	AB
1. O x O	41	126	01	00	00
2. A x A	22	10	70	00	00
3. O x A	68	69	102	00	00
4. B x B	01	01	00	01	00
5. O x B	13	18	00	29	00
6. A x B	22	10	16	13	26
7. O x AB	43	00	50	60	00
8. A x AB	42	00	59	21	33
9. B x AB	13	00	08	20	15
10. AB x AB	02	00	03	04	01
Total	**267**	**234**	**309**	**148**	**75**

Entre os casais citados na tabela, aquele(s) em que ambos os pais pode(m) receber sangue de todos os filhos é(são) o(s) indicado(s) pelo(s) número(s)

A) 1, apenas.
B) 10, apenas.
C) 9 e 10.
D) 2, 4 e 10
E) 8, 9 e 10.

GABARITO

Fixação

01. C 02. C 03. B 04. B 05. D

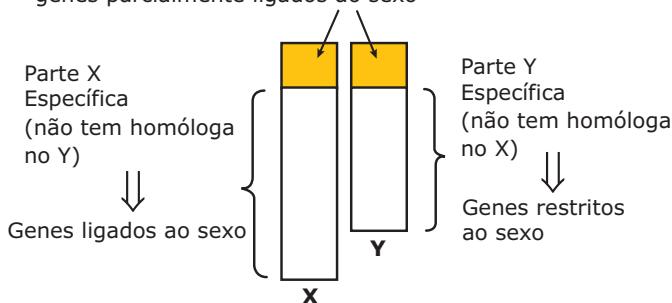
Propostos

01. D
02. B
03. B
04. C
05. E
06. D
07. C
08. B
09. E
10. A
11. C
12. C
13. D
14. E

Seção Enem

01. A
02. D

BIOLOGIA

MÓDULO 07 FRENTE D

Genética: herança ligada aos cromossomos sexuais

Na espécie humana e em muitas outras espécies, os cromossomos estão distribuídos em dois grandes grupos: autossomos e cromossomos sexuais (heterossomos, alossomos).

Os cromossomos sexuais humanos são de dois tipos: X e Y.

Cromossomos sexuais humanos – *A herança envolvendo genes localizados nos cromossomos sexuais pode ser parcialmente ligada ao sexo, ligada ao sexo ou restrita ao sexo.*

HERANÇA PARCIALMENTE LIGADA AO SEXO

Os genes se localizam nas partes homólogas (regiões pseudoautossômicas) dos cromossomos X e Y. Como exemplo, podemos citar os genes que determinam ou não a retinite pigmentar, doença condicionada por gene dominante que causa degeneração da retina, levando à cegueira. Os genótipos e respectivos fenótipos para essa característica estão indicados no quadro a seguir:

Sexo masculino (♂)		Sexo feminino (♀)	
Genótipos	**Fenótipos**	**Genótipos**	**Fenótipos**
X^RY^R	retinite pigmentar	X^RX^R	retinite pigmentar
X^RY^r ou X^rY^R	retinite pigmentar	X^RX^r	retinite pigmentar
X^rY^r	normal	X^rX^r	normal

Vejamos uma aplicação do exemplo anterior na resolução de um problema:

- Um homem que possui retinite pigmentar e cujo pai tem visão normal casa-se com uma mulher de visão normal. Qual a probabilidade de o casal ter como primeiro filho uma criança com retinite pigmentar?

Resolução:

Como o pai do homem em questão tem visão normal, o gene para a retinite foi herdado juntamente com o cromossomo X da sua mãe. Assim, o genótipo do homem é $\mathbf{X^RY^r}$, enquanto o de sua mulher é $\mathbf{X^rX^r}$. Com os possíveis gametas que esses indivíduos são capazes de formar, construímos o genograma a seguir, onde estão indicados os possíveis genótipos e respectivos fenótipos dos filhos desse casal.

Gametas ♂ \ ♀	X^r	X^r
X^R	X^RX^r	X^RX^r
Y^r	X^rY^r	X^rY^r

Conforme mostra o genograma, a probabilidade de o casal ter uma criança com a anomalia (retinite pigmentar) é de 50% (1/2). Observe também que, nesse exemplo, todos os filhos do sexo masculino serão normais, enquanto todos os do sexo feminino apresentarão a anomalia.

Resposta: 1/2 (50%)

HERANÇA LIGADA AO SEXO

Os genes ligados ao sexo localizam-se no segmento X específico, isto é, na parte do cromossomo X que não tem parte homóloga correspondente no cromossomo Y.

As mulheres, por terem no cariótipo dois cromossomos X, possuem genes ligados ao sexo em dose dupla, formando pares de alelos. Dessa forma, em relação às características ligadas ao sexo, as mulheres poderão ser homozigotas ou heterozigotas, conforme os pares de genes alelos ligados ao sexo sejam iguais ou diferentes. Já os homens, por terem apenas um cromossomo X no cariótipo, possuem genes ligados ao sexo em dose simples. Desse modo, os homens, com relação às características ligadas ao sexo, são ditos hemizigotos.

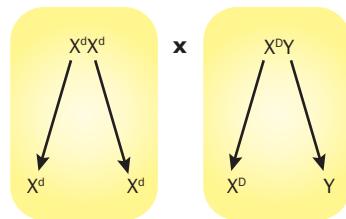
Daltonismo e hemofilia são exemplos de características ligadas ao sexo.

Daltonismo

Trata-se de uma anomalia na qual o indivíduo não consegue distinguir determinadas cores. O tipo mais comum é aquele em que não se distingue o verde do vermelho. Essa anomalia é determinada por um gene recessivo ligado ao sexo, o gene **d**. O alelo **D** condiciona uma visão normal no que se refere à distinção das cores. Assim, pode-se ter os seguintes genótipos e respectivos fenótipos:

Genótipos	Fenótipos
X^DX^D	Normal
X^DX^d	Normal portadora
X^dX^d	Daltônica
X^DY	Normal
X^dY	Daltônico

O fenótipo normal refere-se à visão normal para as cores. A mulher normal heterozigota também é dita normal portadora ou, simplesmente, portadora. Nos heredogramas, essas mulheres podem ser representadas pelo símbolo ⊙.

Não existem homens normais portadores ou heterozigotos para as características ligadas ao sexo.

Observe que, para ser daltônico, o homem precisa ter o gene **d** no único cromossomo X que possui no cariótipo. Assim, ao receber um cromossomo $\mathbf{X^d}$ da mãe, já que o outro cromossomo sexual, o cromossomo Y, é recebido do seu pai, o homem será daltônico. Por isso, para que o homem seja daltônico, sua mãe deverá ser daltônica ($\mathbf{X^dX^d}$) ou pelo menos portadora ($\mathbf{X^DX^d}$). A mulher, para ser daltônica, precisa ter, em cada um dos dois cromossomos X que possui, o gene **d**. Assim, para ser daltônica, a mulher precisa ter no cariótipo o cromossomo $\mathbf{X^d}$ em dose dupla ($\mathbf{X^dX^d}$) e, para que isso aconteça, o seu pai terá de ser daltônico ($\mathbf{X^dY}$) e sua mãe, daltônica ($\mathbf{X^dX^d}$) ou portadora ($\mathbf{X^DX^d}$). Como essa situação é menos frequente do que a anterior, justifica-se a maior frequência do daltonismo entre os homens, aproximadamente 5%, enquanto nas mulheres atinge apenas cerca de 0,25%.

Veja um exemplo de daltonismo:

- Uma mulher daltônica, cujo irmão tem visão normal para as cores, casa-se com um homem de visão normal. Determinar o genótipo dos indivíduos citados e dos pais da mulher, bem como a probabilidade de o casal ter uma criança do sexo feminino daltônica.

Resolução:

A mulher, sendo daltônica, tem genótipo $\mathbf{X^dX^d}$. Como um dos cromossomos $\mathbf{X^d}$ é oriundo do pai dessa mulher, conclui-se que ele tem genótipo $\mathbf{X^dY}$. A mãe dessa mulher também doou um $\mathbf{X^D}$ para o filho e, assim, só pode ter o genótipo $\mathbf{X^DX^d}$. O marido da mulher, tendo visão normal, é $\mathbf{X^DY}$. Desse modo, os genótipos dos indivíduos que formam o casal em questão são:

Construindo-se um genograma com os gametas dos indivíduos do casal anterior, temos:

Gametas ♀ \ ♂	X^D	Y
X^d	X^DX^d	X^dY
X^d	X^DX^d	X^dY

Como mostra o genograma anterior, a probabilidade de o casal ter uma menina daltônica ($\mathbf{X^dX^d}$) é nula (0%), uma vez que todas as filhas desse casal serão normais, embora portadoras no genótipo do gene para o daltonismo. Já os meninos que o casal tiver serão todos daltônicos ($\mathbf{X^dY}$).

Hemofilia

Distúrbio em que a coagulação do sangue é deficiente, devido à falta de fatores plasmáticos de coagulação. São conhecidos dois tipos de hemofilia ligada ao sexo: hemofilia A e hemofilia B.

A hemofilia A caracteriza-se pela falta no plasma de globulina anti-hemofílica (também conhecida por fator VIII de coagulação). É determinada por gene recessivo (gene **h**), ligado ao sexo (ligado ao cromossomo X). Cerca de 85% dos casos de hemofilia são desse tipo. Para esse tipo de hemofilia, temos os seguintes genótipos e respectivos fenótipos:

Genótipos	Fenótipos
X^HX^H	Normal
X^HX^h	Normal portadora
X^hX^h	Hemofílica
X^HY	Normal
X^hY	Hemofílico

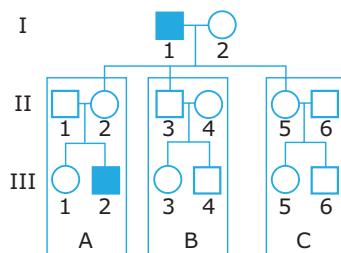
O fenótipo normal refere-se à coagulação sanguínea normal, que é condicionada pelo gene dominante **H**. A mulher normal heterozigota também é dita normal portadora ou, simplesmente, portadora. Não existem homens normais portadores ou heterozigotos para essa característica. Os homens ou são normais ou são hemofílicos. Vejamos, então, um exemplo:

- Um casal normal para a coagulação sanguínea teve um menino hemofílico. Qual é o genótipo desse casal?

Resolução:

O nascimento de um menino hemofílico (**X^hY**) indica que a mãe tem no seu cariótipo pelo menos um cromossomo **X** com o gene **h** (**X^h**). Como ela tem coagulação normal, seu genótipo só pode ser **X^HX^h**. O homem, por sua vez, sendo também normal, tem o genótipo **X^HY**. Assim, o genótipo do casal é **X^HX^h** x **X^HY**.

A frequência do gene **h** no sexo masculino é de 1/10 000. Dessa maneira, um em cada 10 000 homens seria afetado. Nas mulheres, a hemofilia ocorre quando o gene **h** está em dose dupla. Assim, a probabilidade de nascer uma mulher hemofílica é de 1/10 000 x 1/10 000 = 1/100 000 000.

A hemofilia B resulta de um defeito no componente tromboplastínico do plasma, também conhecido por fator IX de coagulação. É determinada por gene ligado ao sexo e se constitui numa forma mais suave da hemofilia.

HERANÇA RESTRITA AO SEXO (HERANÇA HOLÂNDRICA)

Envolve genes situados na porção não homóloga do cromossomo Y, isto é, na porção Y específica. Esses genes são chamados de genes restritos ao sexo ou genes holândricos (do grego *holos* = todo; *andros* = masculino).

Um bom exemplo desse tipo de herança é o gene SRY, responsável pela síntese de uma substância que atua na diferenciação dos testículos e, consequentemente, na definição do sexo masculino.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (PUC Minas–2006) A hemofilia é um distúrbio genético humano que se caracteriza pela falta de um dos fatores de coagulação sanguínea. O gene que codifica para a produção desse fator está localizado no cromossomo X, em uma região que não apresenta homologia em Y. O heredograma a seguir indica, na segunda e terceira gerações, três famílias (A, B e C) que apresentam, em comum, um progenitor afetado por essa anomalia.

Analisando-se o heredograma, é correto afirmar, **EXCETO**

A) Na família A, pelo menos dois indivíduos apresentam o gene causador de hemofilia.

B) Não existem indivíduos portadores do gene da hemofilia na família B.

C) Na família C, pelo menos um indivíduo apresenta o gene causador de hemofilia.

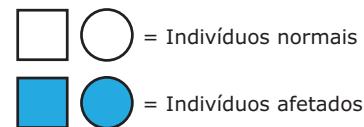
D) A chance de o casal II-5 x II-6 ter uma criança afetada por esse caráter é de 1/4.

02. (PUCPR) Analise as afirmações:

I. O daltonismo é transmitido por herança genética.

II. A hemofilia é uma herança genética ligada aos cromossomas sexuais.

III. O genoma humano é de 46 cromossomos.

Está(ão) **CORRETA(S)**

A) somente I e II.

B) I, II e III

C) somente II e III.

D) somente I e III.

E) nenhuma.

03. (UFJF-MG) Um homem possui uma anomalia dominante ligada ao cromossomo X e é casado com uma mulher normal. Em relação aos descendentes desse casal, é **CORRETO** afirmar que

A) essa anomalia será transmitida a todos os filhos do sexo masculino.

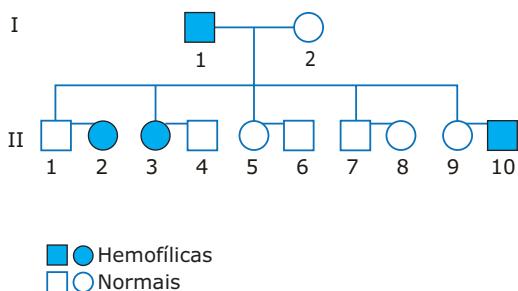
B) essa anomalia será transmitida à metade dos filhos do sexo masculino.

C) essa anomalia será transmitida a todas as filhas.

D) essa anomalia será transmitida à metade das filhas.

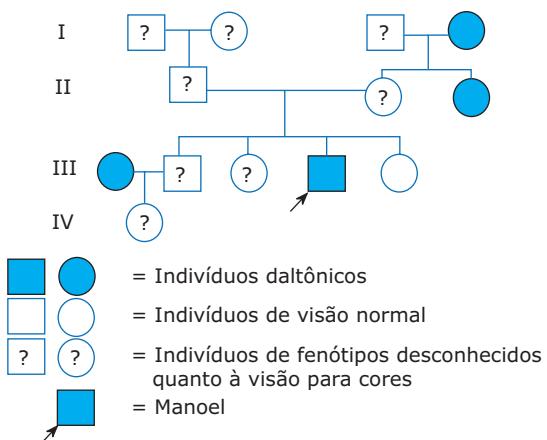
E) essa anomalia não será transmitida a nenhum descendente.

04. (PUC Minas) A Síndrome de Hunter é uma anomalia genética recessiva ligada ao sexo. Os indivíduos afetados podem apresentar baixa estatura, anormalidades ósseas e retardo mental. A frequência de mulheres afetadas em uma população pode ser aumentada por casamentos consanguíneos.

Considere os símbolos a seguir:

Assinale a alternativa que **NÃO** pode representar a genealogia de uma família afetada por esse caráter.

05. (Mackenzie-SP) Existe um tipo de raquitismo denominado hipofosfatemia, causado por um alelo dominante não letal situado no cromossomo X. Se um homem afetado casa-se com uma mulher também afetada, mas filha de pai normal, a probabilidade de nascer uma criança normal é de

A) 0%.
B) 25%.
C) 50%.
D) 75%.
E) 100%.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) Analise o heredograma referente à hemofilia, doença condicionada por gene recessivo situado no cromossomo X.

Qual dos casais da segunda geração, ao esperar a primeira criança, pode contar seguramente com a mesma probabilidade de nascer uma criança hemofílica quer seja ela do sexo masculino, quer seja do feminino?

A) II.1 x II.2.
B) II.3 x II.4.
C) II.5 x II.6.
D) II.7 x II.8.
E) II.9 x II.10.

02. (UFMG) Ao fazer, na escola, um teste para daltonismo, Manoel descobriu que era daltônico. Chegando em casa, verificou que quatro outros membros de sua família também já haviam feito o mesmo teste. Com os dados disponíveis, construiu o heredograma de sua família, transcrito a seguir:

= Indivíduos daltônicos
= Indivíduos de visão normal
= Indivíduos de fenótipos desconhecidos quanto à visão para cores
= Manoel

Analisando o heredograma de sua família, Manoel chegou às conclusões a seguir. Qual delas está **ERRADA**?

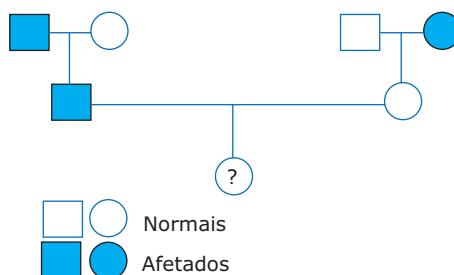
A) Meu avô materno é daltônico como sua esposa.
B) Não tenho condições de determinar o fenótipo de meu avô paterno.
C) Minha mãe é daltônica, e minhas irmãs são portadoras do gene para daltonismo.
D) Meu pai é normal, mas meu irmão é daltônico.
E) Minha sobrinha tem visão normal.

03. (UFMG) José, Teresa e Cristina são membros de uma determinada família. Para um dado caráter, Teresa apresenta genótipo $\mathbf{X^MX^m}$, Cristina $\mathbf{X^MX^M}$ e José $\mathbf{X^mY}$.

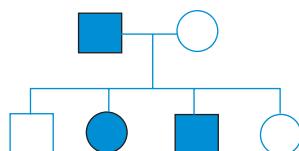
Que graus de parentesco poderiam ser possíveis entre eles?

I. Cristina e José podem ser filhos de Teresa.
II. José, Cristina e Teresa podem ser irmãos, filhos de um mesmo casal.
III. José pode ser pai de Teresa e irmão de Cristina.
IV. Teresa e José podem ser filhos de Cristina.

Assinale,

A) se apenas I, II e III são certas.
B) se apenas I e III são certas.
C) se apenas II e IV são certas.
D) se apenas IV é certa.
E) se todas as afirmativas são erradas.

04. (UFMG) As proposições a seguir estão de acordo com a transmissão de gene recessivo ligado ao cromossomo X, **EXCETO**

A) Todos os filhos do sexo masculino de uma mulher afetada casada com homem normal são afetados.
B) Todos os filhos do sexo feminino de um homem afetado casado com uma mulher normal são afetados.
C) Mulheres heterozigotas transmitem o gene responsável pela característica à metade de seus filhos de ambos os sexos.
D) Todos os filhos de ambos os sexos de mulheres afetadas casadas com homens afetados são também afetados.
E) Metade dos filhos do sexo feminino de mulheres heterozigotas casadas com homens afetados são normais.

05. (UFPA) Em gatos, o caráter cor da pelagem é condicionado por genes ligados ao cromossomo X, não havendo dominância. O gene **A** condiciona a cor amarela, e o gene **P**, a cor preta, sendo o heterozigoto listrado. Uma fêmea amarela, cruzada com um macho, deu origem a fêmeas listradas e a machos amarelos. Qual a cor do macho?

A) Amarelo.
B) Preto.
C) Listrado.
D) Amarelo ou preto.
E) Impossível saber só com esses dados.

06. (PUC Minas) Observe os heredogramas a seguir, que tratam de um caso de hemofilia:

Sabendo-se que o indivíduo é do sexo feminino, a probabilidade de o indivíduo III.1 ser afetado é de

A) 1.
B) 1/2.
C) 1/4.
D) 1/8.
E) 1/16.

07. (UFMG) A enzima G-6-PD (glicose-6-fosfato desidrogenease) está presente nas hemácias de indivíduos normais. A ausência dessa enzima, em indivíduos afetados, torna as hemácias sensíveis a certas drogas e nutrientes, provocando sua destruição. O gene que determina a ausência de G-6-PD é recessivo e situa-se no cromossomo X.

Observe o heredograma que representa uma família com essa característica.

Com base nesse heredograma, é **CORRETO** afirmar que

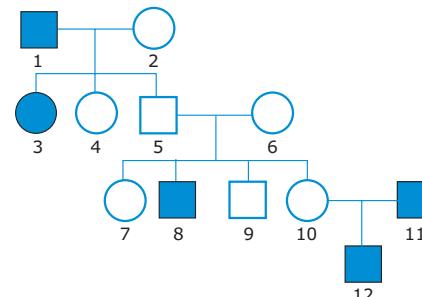
A) o indivíduo II.3 pode ter recebido o gene da G-6-PD tanto de seu pai quanto de sua mãe.
B) cada um dos indivíduos representados tem, pelo menos, um gene para ausência de 6-G-DP.
C) essa família apresenta dois indivíduos heterozigotos para o gene que determina a 6-G-DP.
D) casais como I.1 x I.2 têm probabilidade maior de ter filhos afetados do que de ter filhas afetadas.

08. (PUC-SP) Os genes para a distrofia muscular (tipo Duchenne) e para a hemofilia são recessivos e estão localizados no cromossomo X. Um casal de fenótipo normal apresenta os seguintes descendentes:

1. Uma filha normal para os dois caracteres.
2. Um filho com distrofia muscular e normal para a coagulação.
3. Um filho normal para a distrofia e hemofílico.

A possibilidade de esse casal vir a ter uma filha que apresenta uma dessas anomalias

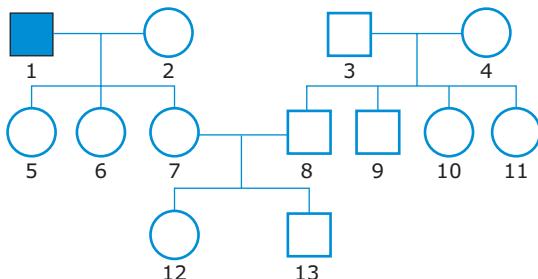
A) dependerá da ocorrência de *crossing-over* na mulher.
B) dependerá da ocorrência de *crossing-over* no homem.
C) é nula, pois o homem transmitirá seu cromossomo X, portador dos genes dominantes.
D) é alta, pois a mulher é portadora dos genes recessivos.
E) é alta, pois o homem é portador dos genes recessivos.

09. (UFMG) A distrofia muscular Duchenne, uma anomalia que ocorre na espécie humana e impede a reprodução do indivíduo, é condicionada por um gene recessivo ligado ao cromossomo X.

De acordo com esses dados, é esperado que

A) o gene responsável pela doença seja transmitido pelos homens afetados aos filhos de suas filhas.
B) nem todas as mães de crianças afetadas sejam portadoras.
C) metade dos descendentes das mulheres portadoras seja afetada.
D) 25% das irmãs de uma criança afetada sejam portadoras.
E) não existam crianças do sexo feminino afetadas.

10. (FUVEST-SP) Em um indivíduo daltônico do sexo masculino, o gene para daltonismo encontra-se

A) em todas as células somáticas.
B) em todas as células gaméticas.
C) apenas nas células do globo ocular.
D) apenas nas células-mães dos gametas.
E) apenas nos gametas com cromossomo Y.

11. (PUC Minas) No heredograma a seguir, os indivíduos representados por símbolos escuros são daltônicos:

São indivíduos obrigatoriamente heterozigotos

A) 1, 2, 3 e 6.
B) 1, 5 e 9.
C) 3, 8, 11 e 12.
D) 2, 4, 6, 7 e 10.
E) 2, 6 e 10.

12. (UFV-MG) O exame citogenético de um indivíduo normal revelou que o seu cromossomo Y contém, aproximadamente, 30% a mais de heterocromatina na região distal, em relação ao padrão de cromossomo Y presente na população. Embora sem nenhuma manifestação fenotípica aparente, ele fez algumas suposições sobre a herança desse cromossomo. Assinale a suposição que está geneticamente coerente.

A) Acho que o meu pai herdou essa condição genética da mãe dele.

B) Se eu tenho esse Y, todos os meus descendentes também o terão.

C) Se o meu irmão não tiver esse Y, talvez ele não seja meu irmão.

D) Entre as minhas filhas, apenas 50% terão esse cromossomo.

E) Provavelmente, esse Y ficou grande para ser o homólogo do X.

13. (FUVEST–2011) No heredograma a seguir, o símbolo representa um homem afetado por uma doença genética rara, causada por mutação num gene localizado no cromossomo X. Os demais indivíduos são clinicamente normais.

As probabilidades de os indivíduos 7, 12 e 13 serem portadores do alelo mutante são, respectivamente,

A) 0,5; 0,25 e 0,25.

B) 0,5; 0,25 e 0.

C) 1; 0,5 e 0,5.

D) 1; 0,5 e 0.

E) 0; 0 e 0.

SEÇÃO ENEM

01. As drosófilas, moscas das frutas, apresentam o mesmo tipo de determinação cromossômica para o sexo que a encontrada na espécie humana (sistema **XY**). Nesses insetos, um gene recessivo (**a**), ligado ao sexo, é responsável por uma determinada anomalia genética.

O cruzamento de um macho normal para a referida característica com uma fêmea também normal originou descendentes normais e descendentes com anomalia.

Com base nas informações anteriores em seus conhecimentos sobre o assunto, é correto dizer que o macho e a fêmea que foram cruzados possuem os seguintes genótipos:

	♂	♀
A)	X^AX^a	X^AY
B)	X^AY	X^AX^a
C)	X^AY^a	X^AX^a
D)	XY^A	X^AX^a
E)	X^AY	X^aX^a

02.

Disponível em: <http://www.charge-o-matic.blogger.com.br>. Acesso em: 20 set. 2008.

A tirinha menciona o daltonismo, uma doença hereditária, recessiva e ligada ao sexo que

A) impede o indivíduo de enxergar as cores.

B) é transmitida pelo pai apenas para os filhos do sexo masculino.

C) pode ser evitada através do uso de medicamentos específicos.

D) atualmente, graças à engenharia genética, já tem tratamento e cura.

E) é mais frequente no sexo masculino.

GABARITO

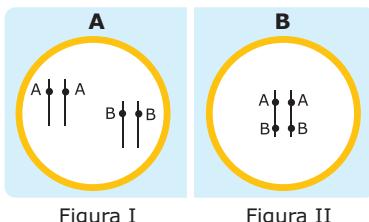
Fixação

01. B
02. A
03. C
04. C
05. B

Propostos

01. E
02. E
03. A
04. B
05. B
06. B
07. C
08. C
09. E
10. A
11. E
12. C
13. D

Seção Enem

01. B
02. E

BIOLOGIA

MÓDULO 08 FRENTE D

Genética: *linkage*

Quando analisamos, simultaneamente, características determinadas por dois ou mais pares de genes alelos, podemos ter duas situações possíveis: segregação independente e *linkage*.

Na segregação independente, os dois ou mais pares de genes alelos estão localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos. Quando os dois ou mais pares de genes analisados localizam-se em um mesmo par de cromossomo homólogo, temos *linkage* (ligação gênica, ligação fatorial).

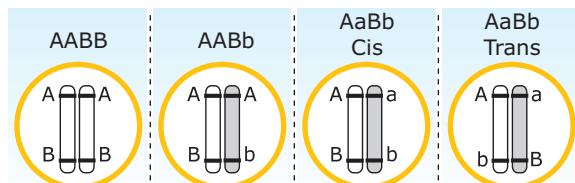
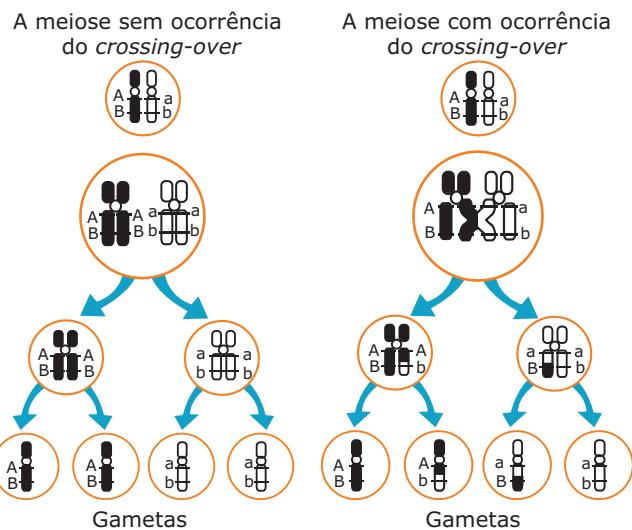



Figura I Figura II

Imagine que um indivíduo tenha o seguinte genótipo: ***AABB****. Se for uma situação de segregação independente, esses dois pares de genes* ***AA*** *e* ***BB*** *estarão localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos, conforme mostra a figura I; se for um caso de* linkage*, os dois pares de genes estarão em um mesmo par de cromossomos homólogos, conforme ilustrado na figura II.*

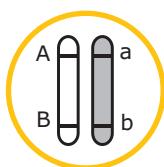
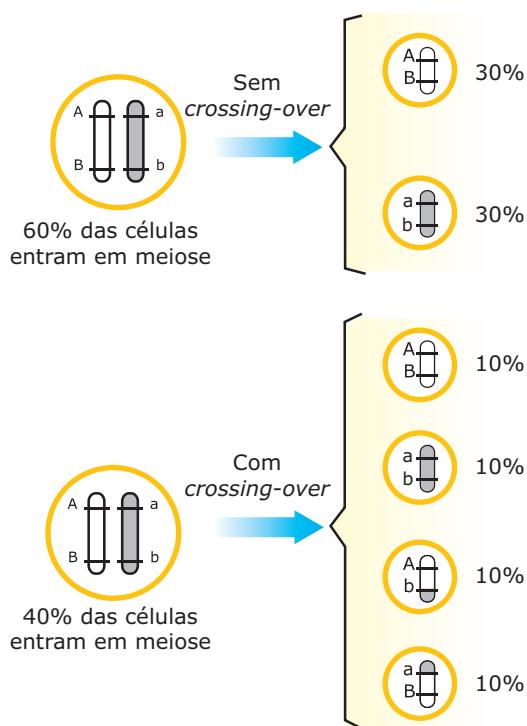
Assim como na segregação independente, nos casos de *linkage*, podemos ter situações de di-hibridismo, tri-hibridismo, etc.

DI-HIBRIDISMO COM *LINKAGE*

Consiste na análise simultânea das características determinadas por dois pares de genes alelos localizados em um mesmo par de cromossomos homólogos.

Observe que, quando o indivíduo é duplamente heterozigoto (di-híbrido), existem duas disposições diferentes para os dois pares de genes alelos: ***cis*** *e* ***trans****. O heterozigoto* ***cis*** *tem os dois genes dominantes em um mesmo cromossomo e os dois genes recessivos no outro cromossomo. Já o heterozigoto* ***trans*** *tem um gene dominante e um recessivo em cada um dos cromossomos.*

Nos casos de *linkage*, para calcularmos os tipos e percentuais de gametas que um indivíduo é capaz de formar, precisamos saber se durante a gametogênese há ou não ocorrência do *crossing-over* e, se ele ocorre, precisamos conhecer também qual é a sua taxa de ocorrência, ou seja, qual é o percentual de células em que esse fenômeno ocorre. Por exemplo, quando falamos que a taxa de *crossing-over* nas células de um indivíduo é de 20%, significa dizer que, em 80% das células desse indivíduo que realizam meiose durante a gametogênese, não há a ocorrência do *crossing-over*, e, em 20% das células, temos a ocorrência desse fenômeno. Assim, conforme ocorra ou não o fenômeno do *crossing-over*, costuma-se dizer que o *linkage* pode ser total (completo) ou parcial (incompleto).

- ***Linkage* total (completo)**: Nas células que realizam meiose durante a formação dos gametas, não há ocorrência do *crossing-over*.
- ***Linkage* parcial (incompleto):** Nas células que realizam meiose durante a gametogênese, ocorre o *crossing-over*.

Vamos tomar como exemplo um indivíduo de genótipo **AaBb** (cis). Nas células desse indivíduo que irão realizar meiose para a formação dos gametas, poderá ou não ocorrer o *crossing-over*. Nesse caso, as células que não realizarem o *crossing-over* formarão apenas dois tipos de gametas: **AB** e **ab**. Já as células que realizarem o *crossing-over* formarão quatro tipos de gametas: **AB**, **Ab**, **aB** e **ab**. Observe o esquema a seguir:

Vejamos agora alguns exemplos de aplicação dos conhecimentos sobre o di-hibridismo com *linkage*:

- Considere que, em um indivíduo de genótipo **AaBb**, os genes **A** e **B** estão situados em um mesmo cromossomo. Considere também que em 40% das células desse indivíduo haverá, durante a gametogênese (formação dos gametas), ocorrência de *crossing-over*. Quantos tipos de gametas e seus respectivos percentuais esse indivíduo será capaz de produzir?

***Resolução*:**

Como o indivíduo é duplo-heterozigoto (**AaBb**) e os genes **A** e **B** estão localizados em um mesmo cromossomo, trata-se de um **heterozigoto cis**. Assim, as células diploides (2N) desse indivíduo podem ser assim representadas:

Considerando todas as células (100%) que iniciam a gametogênese, em 40% delas haverá ocorrência de *crossing-over,* e em 60% delas a meiose será realizada sem a ocorrência desse fenômeno. Assim, temos:

Considerando os gametas formados pelas células que não realizaram *crossing-over,* e os gametas formados pelas células nas quais ocorreu essa permutação, o total de gametas formados será:

Gametas Parentais (80%)	Gametas Recombinantes (20%)
Gametas **AB** (40%)	Gametas **Ab** (10%)
Gametas **ab** (40%)	Gametas **aB** (10%)

*Observe que o indivíduo em questão é capaz de formar quatro tipos de gametas: **AB**, **ab**, **Ab** e **aB**. Entretanto, ao contrário do que aconteceria se fosse um caso de segregação independente, esses quatro tipos de gametas não aparecem nas mesmas proporções. Os gametas que se formam em maior percentual são ditos parentais, enquanto aqueles que se formam em menor percentual são os recombinantes. Os gametas recombinantes só se formam devido à ocorrência do* crossing-over, *que permite uma recombinação entre os genes.*

Resposta: **AB** (40%); **ab** (40%); **Ab** (10%) e **aB** (10%)

- Considere um indivíduo de genótipo **MmTt** (trans). Durante a gametogênese, na prófase I, haverá ocorrência do *crossing-over* em 16% das células. Quantos tipos de gametas e respectivos percentuais esse indivíduo será capaz de formar?

***Resolução*:**

Sendo o indivíduo duplamente heterozigoto e trans, seu genótipo pode ser assim representado:

$$\frac{\mathbf{M}\quad\mathbf{t}}{\mathbf{m}\quad\mathbf{T}} \text{ ou } \mathbf{Mt/mT}$$

Como o *crossing-over* ocorre em apenas 16% das células que iniciam a meiose, do total de gametas produzidos pelo indivíduo, 8% são de gametas recombinantes e, consequentemente, 92% são de gametas parentais, conforme indicado a seguir:

Gametas Parentais (92%)	Gametas Recombinantes (8%)
Mt (46%)	**MT** (4%)
mT (46%)	**mt** (4%)

Resposta: **MT** (4%); **mt** (4%); **Mt** (46%) e **mT** (46%)

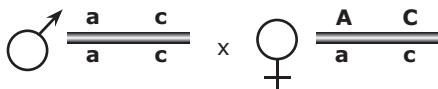
- Considere que em um indivíduo de genótipo **AaBb** (cis), a taxa de recombinação durante a gametogênese foi de 15%. Quais são os tipos de gametas recombinantes formados e suas respectivas proporções?

***Resolução*:**

O genótipo do indivíduo em questão pode ser representado da seguinte maneira:

$$\frac{\mathbf{A}\quad\mathbf{B}}{\mathbf{a}\quad\mathbf{b}} \text{ ou } \mathbf{AB/ab}$$

Como a taxa de recombinação foi de 15%, significa que foram formados 15% de gametas recombinantes e 85% de gametas parentais. Assim, temos:

Gametas Parentais (85%)	Gametas Recombinantes (15%)
Gametas **AB** (42,5%)	Gametas **Ab** (7,5%)
Gametas **ab** (42,5%)	Gametas **aB** (7,5%)

Resposta: **Ab** (7,5%) e **aB** (7,5%)

- Considere que os genes **A**, **a**, **C** e **c** se relacionam, respectivamente, com as características olhos castanhos, olhos azuis, destro e canhoto. Admita que esses genes estejam situados em um mesmo par de cromossomos homólogos a uma distância entre eles que torna possível o *crossing-over* em 60% das células em processo de formação de gametas.

  Uma mulher de olhos castanhos e destra, cujo pai tem olhos azuis e é canhoto, casa-se com um indivíduo de olhos azuis e canhoto. Qual a probabilidade de esse casal vir a ter uma menina de olhos azuis e canhota?

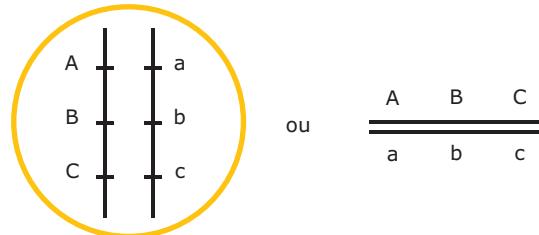
Resolução:

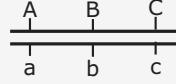
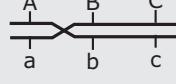
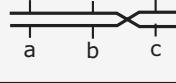
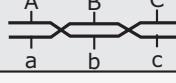
Com os dados fornecidos, concluímos que os genótipos da mulher e do homem em questão são:

Os gametas formados pelos indivíduos estão indicados no quadro a seguir:

Gametas masculinos	Gametas femininos
Como o indivíduo é duplamente homozigoto (**aacc**), 100% dos seus gametas serão **ac**.	Gametas parentais: **AC** (35%) e **ac** (35%) Gametas recombinantes: **Ac** (15%) e **aC** (15%)

Montando um genograma com os gametas formados pelos dois indivíduos, temos:

Gametas ♀ / ♂	**AC** (35%)	**ac** (35%)	**Ac** (15%)	**aC** (15%)
ac (100%)	**AaCc** (35%)	**aacc** (35%)	**Aacc** (15%)	**aaCc** (15%)

Conforme indicado pela seta no genograma anterior, a probabilidade de nascer uma criança de olhos azuis (**aa**) e canhota (**cc**) é de 35%. Como o problema quer a probabilidade de nascimento de uma menina de olhos azuis e canhota, temos:

50% (probabilidade de ser menina) x 35% (probabilidade de ter olhos azuis e de ser canhota) = 17,5%

Resposta: 17,5%

TRI-HIBRIDISMO COM *LINKAGE*

Vamos supor um indivíduo triplo-heterozigoto, no qual os três pares de genes em *linkage* encontram-se na disposição representada a seguir:

O indivíduo em questão poderá formar até oito tipos diferentes de gametas, dependendo da ocorrência ou não do *crossing-over* e, caso ocorra, do número de permutações. Dessa forma, podemos ter as seguintes situações mostradas no quadro a seguir:

Possibilidades	Tipos de gametas formados
Não ocorrência de *crossing-over* (A B C / a b c)	Formam-se apenas os gametas parentais, ou seja, formam-se apenas dois tipos de gametas: A B C; a b c
Ocorrência de permutação simples entre os *loci* **A** e **B** (A B C / a b c)	Formam-se 4 tipos de gametas: os parentais e os recombinantes: A B C; a b c; A b c; a B C
Ocorrência de permutação simples entre os *loci* **B** e **C** (A B C / a b c)	Formam-se 4 tipos de gametas: os parentais e os recombinantes: A B C; a b c; A B c; a b C
Ocorrência de permutações simultâneas ou "duplo *crossing-over*" entre os *loci* **A** e **B** e **B** e **C** (A B C / a b c)	Formam-se 4 tipos de gametas: os parentais e os recombinantes: A B C; a b c; A b C; a B c
Caso ocorram as três situações possíveis de *crossing-over*, o indivíduo em questão formará 8 tipos diferentes de gametas: 2 tipos de gametas parentais e 6 tipos de gametas recombinantes. Os gametas parentais são os mais frequentes, e os que se originam de duplo-*crossing-over* são os menos frequentes (a possibilidade de ocorrerem permutações simultâneas é menor que a de ocorrerem permutações simples).	

Veja o exemplo a seguir:

- Na gametogênese de um indivíduo com o genótipo

$\frac{A \quad B \quad C}{a \quad b \quad c}$, temos:

– 80% dos gametas são gametas parentais.

– 13% dos gametas são recombinantes e resultam de *crossing-over* entre **A** e **B**.

– 6% dos gametas são recombinantes e resultam de *crossing-over* entre **B** e **C**.

– 1% dos gametas são recombinantes e resultam de duplo-*crossing-over* (entre **A** e **B** e **B** e **C**).

Com base nos dados anteriores, responder:

A) Quais são os gametas parentais e seus respectivos percentuais?

Resolução:

Os gametas parentais são **ABC** (40%) e **abc** (40%). Lembre-se de que os gametas parentais são aqueles que não têm recombinação gênica e também são os que aparecem em maiores percentuais.

B) Quais são os gametas e respectivos percentuais resultantes do *crossing-over* apenas entre **A** e **B**?

Resolução:

Abc (6,5%) e **aBC** (6,5%)

C) Quais são os gametas e respectivos percentuais resultantes do *crossing-over* apenas entre **B** e **C**?

Resolução:

ABc (3%) e **abC** (3%)

D) Quais são os gametas e respectivos percentuais resultantes do duplo-*crossing-over*?

Resolução:

AbC (0,5%) e **aBc** (0,5%).

Lembre-se de que no duplo-*crossing-over* apenas o gene do meio muda de lugar.

E) Do cruzamento do indivíduo em questão com uma fêmea triplo-homozigota recessiva, qual a probabilidade de se obter descendentes com o genótipo:

$$\frac{A \quad b \quad c}{a \quad b \quad c}$$

Resolução:

Os gametas e os respectivos percentuais dos indivíduos cruzados são:

Gametas do indivíduo ♂ $\frac{A \quad B \quad C}{a \quad b \quad c}$	Gametas do indivíduo ♀ $\frac{a \quad b \quad c}{a \quad b \quad c}$
ABC (40%); **abc** (40%) **Abc** (6,5%); **aBC** (6,5%) **ABc** (3%); **abC** (3%) **AbC** (0,5%); **aBc** (0,5%)	**abc** (100%)

Para se obter descendentes com o genótipo desejado, é preciso que gametas ♂ do tipo **Abc** fecundem gametas ♀ **abc**. Dessa maneira, temos:

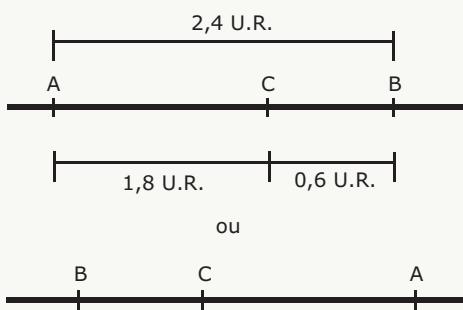
Abc (6,5%) x **abc** (100%) = $\frac{A \quad b \quad c}{a \quad b \quad c}$

Resposta: 6,5%.

LEITURA COMPLEMENTAR

MAPAS GÊNICOS

Em um mesmo par de cromossomos homólogos, existem vários pares de genes alelos, todos eles em *linkage* e, portanto, capazes de sofrer ou não o *crossing-over*. Descobriu-se que a frequência de *crossing-over* entre os genes em situação de *linkage* depende da distância que os separa no cromossomo. Quanto mais afastados estiverem um do outro, maior será a frequência de permutação entre eles, porque entre genes distantes há muitos pontos suscetíveis de quebra no cromossomo, e, para que ocorra o *crossing-over,* se fazem necessárias quebras ao longo do cromossomo. Por outro lado, se a distância entre os genes é pequena, há pouca probabilidade de ocorrência de uma permutação entre eles, uma vez que entre eles existem poucos pontos suscetíveis de quebra. A permutação é um dos fatores responsáveis pela recombinação entre os genes. Assim, a taxa de recombinação depende diretamente da frequência de permutação ou *crossing-over*. Pode-se dizer, então, que a taxa de recombinação entre dois genes é diretamente proporcional à distância entre eles no cromossomo.

A distância entre os genes em situação de *linkage* é dada em uma unidade denominada morganídeo ou UM (unidade Morgan), também conhecida por U.R. (unidade de recombinação).

Assim, quando se diz que a distância entre dois genes é de 30 morganídeos ou 30 U.R., significa que a taxa de recombinação (% de recombinantes) entre eles é de 30%.

Uma vez que se conhece a distância entre os genes que se dispõem linearmente ao longo de um cromossomo, pode-se construir o **mapa gênico** desse cromossomo. O mapeamento gênico mostra a sequência dos *loci* gênicos ao longo do cromossomo e suas respectivas distâncias. Veja o exemplo a seguir:

- Suponha que a distância entre dois genes **A** e **B** seja de 2,4 U.R. Um terceiro gene, o gene **C**, dista de 1,8 U.R. do gene **A** e 0,6 U.R. do gene **B**. Qual a disposição desses três genes ao longo do cromossomo?

***Resolução*:**

Pelas distâncias fornecidas, concluímos que o gene **A** está mais próximo do gene **C** do que do **B**. Assim, a disposição desses três genes ao longo do cromossomo poderá ser:

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFU-MG) Consideremos a segregação de dois pares de alelos durante a meiose:

$$\frac{\mathbf{A} \quad \mathbf{B}}{\mathbf{a} \quad \mathbf{b}}$$

Supondo-se que não houve *crossing-over* entre os dois cromossomos, os gametas formados são

A) 50% **Ab**, 50% **Ba**.

B) 25% **A**, 25% **B**, 25% **a**, 25% **b**.

C) 100% **AaBb**.

D) 50% **AB**, 50% **ab**.

E) 50% **Aa**, 50% **Bb**.

02. (UNIRIO-RJ) Um indivíduo, com genótipo **AaBb**, produz gametas nas seguintes proporções: 25% **AB**, 25% **Ab**, 25% **aB** e 25% **ab**. Outro indivíduo, com o genótipo **DdEe**, produz gametas nas seguintes proporções: 50% **DE** e 50% **de**. Podemos concluir que

A) os genes **D** e **E** estão ligados e entre eles não ocorre *crossing-over*.

B) os genes **D** e **E** estão ligados e entre eles ocorre *crossing-over*.

C) os genes **D** e **E** segregam-se independentemente e entre eles não ocorre *crossing-over*.

D) os genes **A** e **B** estão ligados e entre eles não ocorre *crossing-over*.

E) os genes **A** e **B** segregam-se independentemente e entre eles ocorre *crossing-over*.

03. (FUVEST-SP) Em determinada espécie, os *loci* dos genes **A** e **B** situam-se no mesmo cromossomo. Na meiose de um indivíduo duplo-heterozigoto **AB/ab**, ocorre permutação entre esses *locus* em 80% das células. A porcentagem esperada de gametas **Ab** que o indivíduo formará é

A) 10%.

B) 20%.

C) 30%.

D) 40%.

E) 80%.

04. (Mackenzie-SP) O cruzamento **AaBb x aabb** produziu na descendência 400 indivíduos, assim distribuídos: 40 indivíduos **AaBb**, 160 indivíduos **Aabb**, 40 indivíduos **aabb** e 160 indivíduos **aaBb**.

Com base nas informações anteriores é **CORRETO** afirmar que

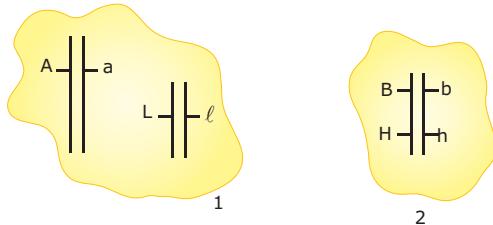
A) o indivíduo heterozigoto da geração parental é do tipo trans, e a taxa de *crossing-over* foi de 20%.

B) o indivíduo heterozigoto da geração parental produz 20% de gametas recombinantes.

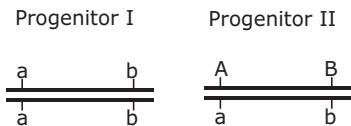
C) o indivíduo homozigoto da geração parental é do tipo trans.

D) o indivíduo homozigoto da geração parental produz apenas dois tipos de gametas.

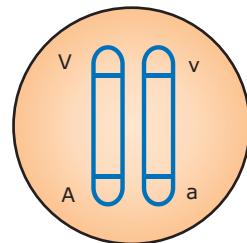
E) o indivíduo heterozigoto da geração parental é do tipo cis, e a taxa de *crossing-over* foi de 40%.

05. (PUC Minas) Sabendo-se que a distância entre dois genes ligados **a** e **b** é de 40 U.R. (unidades de recombinação), espera-se obter, na F_1 do cruzamento de indivíduos

a seguinte frequência para indivíduos com genótipo:

A) 60%
B) 50%
C) 40%
D) 30%
E) 20%

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) Considere os indivíduos 1 e 2.

Após a meiose, quais os tipos de gametas produzidos pelos indivíduos 1 e 2, supondo-se que não ocorreu *crossing-over*?

A) 1 (**AL, Aℓ, aL, aℓ**); 2 (**BH, bh, Bh, bH**)
B) 1 (**Aℓ, AL, aL, aℓ**); 2 (**BH, bh**)
C) 1 (**AL, aℓ**); 2 (**BH, bh**)
D) 1 (**AL, aℓ**); 2 (**BH, bh, Bh, bH**)
E) 1 (**Aa, Lℓ**); 2 (**Bb, Hh**)

02. (PUC Minas) Considere a seguinte constituição de dois genes **a** e **b**, em dois progenitores:

Progenitor I Progenitor II

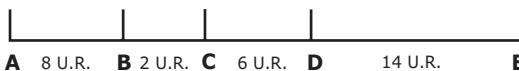
A recombinação foi da ordem de 8%. Na prole resultante do cruzamento dos progenitores anteriormente representados, indivíduos com constituição genotípica idêntica à do progenitor 2 são esperados com uma frequência de

A) 4%. B) 8%. C) 23%. D) 46%. E) 92%.

03. (FCC-SP) Em tomates, o fruto vermelho (**V**) é dominante sobre o fruto amarelo (**v**); planta alta (**A**) é dominante sobre planta baixa (**a**). Os dois genes estão localizados no mesmo cromossomo e não apresentam *crossing-over*. Quais os fenótipos esperados para os descendentes de dois indivíduos com os seguintes genótipos:

A) Apenas altos e vermelhos.
B) Apenas amarelos e baixos.
C) Altos vermelhos e amarelos baixos.
D) Baixos vermelhos, e altos amarelos.
E) Altos vermelhos, baixos amarelos, baixos vermelhos e altos amarelos.

04. (UFES) No cruzamento de indivíduos com genótipo **AaBb**, qual a frequência esperada de indivíduos com genótipo **aabb**, sabendo-se que os genes **A** e **B** estão no mesmo cromossomo e que a frequência de permutação entre eles é zero?

A) 0%
B) 25%
C) 50%
D) 75%
E) 100%

05. (VUNESP-SP) Se num mapa genético a distância entre os *loci* **A** e **B** é de 16 morganídios, qual a frequência relativa dos gametas **AB**, **Ab**, **aB**, **ab** produzidos pelo genótipo **AB/ab**?

	AB	**Ab**	**aB**	**ab**
A)	36%	14%	14%	36%
B)	34%	16%	16%	34%
C)	42%	8%	8%	42%
D)	8%	42%	42%	8%
E)	44%	6%	6%	44%

06. (PUC Minas) Considerando dois genes ligados **a** e **b**, separados por uma distância de 20 unidades de recombinação (U.R.), a frequência de gametas **ab** formados por um indivíduo de constituição genotípica **AB/ab** será de

A) 50%. B) 40%. C) 30%. D) 20%. E) 10%.

07. (PUC Minas) Observe a sequência gênica a seguir, com a respectiva distância em unidade de recombinação (U.R.) entre os genes.

Considerando-se apenas dois genes, é **CORRETO** inferir que, probabilisticamente, ocorrerá um número menor de recombinação gênica entre

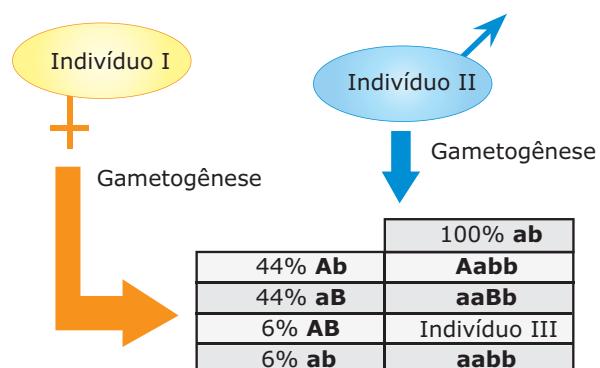
A) **A** e **B**.
B) **B** e **C**.
C) **C** e **D**.
D) **D** e **E**.
E) **A** e **E**.

08. (FESP-PR) Do cruzamento de um indivíduo homozigótico para os genes **a** e **b** com um indivíduo, também homozigótico, para os genes **A** e **B**, obteve-se uma geração que, retrocruzada com o parental duplamente recessivo, resultou nos seguintes descendentes:

AB/ab 637   ab/ab 643

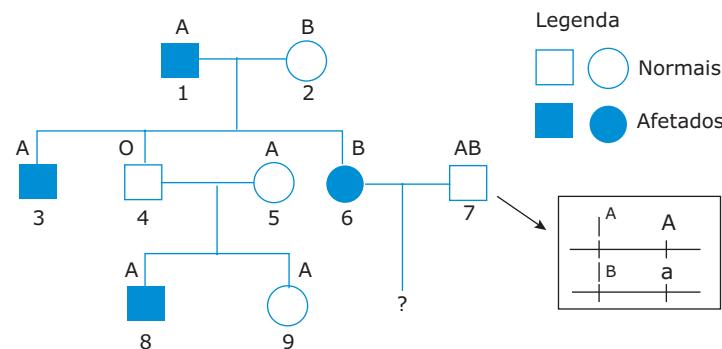
Ab/ab 162   aB/ab 158

Com base nos dados anteriores, pode-se afirmar que a taxa de recombinação entre **a** e **b** é de

A) 10%. B) 20%. C) 5%. D) 0,5%. E) 0,25%.

09. (FUVEST-SP) Os genes **x**, **y** e **z** de um cromossomo têm as seguintes frequências de recombinação:

Genes	Frequência de recombinação
x e **y**	15%
y e **z**	30%
z e **x**	45%

Qual a posição relativa desses três genes no cromossomo?

A) **z x y**
B) **x y z**
C) **y z x**
D) **x z y**
E) **y x z**

10. (PUC Minas) Analise o esquema:

	100% ab
44% Ab	Aabb
44% aB	aaBb
6% AB	Indivíduo III
6% ab	aabb

Com relação ao esquema, é correto afirmar, **EXCETO**

A) Trata-se de um caso de genes ligados.

B) O indivíduo III, embora recombinante, apresenta o mesmo genótipo de um dos progenitores.

C) O indivíduo I é heterozigoto.

D) Nesse cruzamento, a frequência esperada de descendentes com pelo menos uma característica dominante é de 88%.

11. (PUC Minas)

A posição ocupada pelos alelos que determinam grupo sanguíneo e alcaptonúria, no par de cromossomos 9, está representada para o indivíduo 7, ao lado do heredograma. A frequência de recombinação entre os dois *loci* gênicos é de 10%.

São frequências esperadas de descendentes para o cruzamento 6 X 7, **EXCETO**

A) 22,5% de AB normais.

B) 45% de A normais.

C) 50% de afetados.

D) 50% de B normais ou afetados.

12. (PUC Minas) Analisando-se o heredograma do exercício anterior, é possível afirmar, **EXCETO**

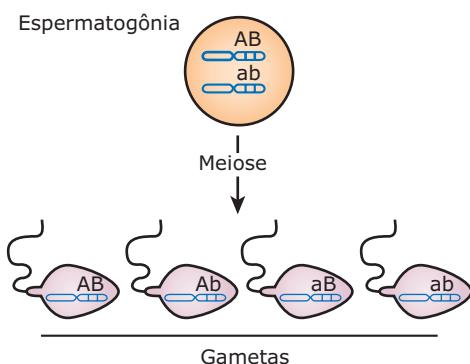
A) A alcaptonúria é um caráter determinado por gene autossômico recessivo.

B) O indivíduo 3 pode ter recebido um gameta recombinante de sua mãe.

C) O indivíduo 6 certamente não recebeu um gameta recombinante da sua mãe ou do seu pai.

D) A chance de o indivíduo 9 ser heterozigoto para o caráter alcaptonúria é de 2/3.

13. (UFPR–2011) Admita que dois genes, **A** e **B**, estão localizados num mesmo cromossomo. Um macho **AB**/**ab** foi cruzado com uma fêmea **ab**/**ab**. Sabendo que entre esses dois genes há uma frequência de recombinação igual a 10%, qual será a frequência de indivíduos com genótipo **Ab**/**ab** encontrada na descendência desse cruzamento?

A) 50%
B) 25%
C) 30%
D) 100%
E) 5%

SEÇÃO ENEM

01. Um indivíduo cujo genótipo é **AB/ab** produz quatro tipos de gametas, sendo dois tipos de gametas parentais (**AB** e **ab**) e dois tipos de gametas recombinantes (**Ab** e **aB**).

A recombinação gênica observada nos gametas recombinantes deve-se à ocorrência, durante a prófase I da meiose, de um fenômeno denominado

A) *back-cross*.
B) *test-cross*.
C) *crossing-over*.
D) *splicing* alternativo.
E) *linkage*.

02. Numa situação de *linkage*, o genótipo do indivíduo é **AB/ab**, ou seja, ele é heterozigoto cis. Em uma amostra de 100 (cem) células desse indivíduo, durante a meiose, ocorreu *crossing-over* entre os *locos* **A** e **B**, em 20 (vinte) espermatogônias (células-mãe dos espermatozoides), resultando, ao término da gametogênese, com formação de 4 (quatro) tipos de gametas (espermatozoides), conforme mostra a ilustração a seguir:

Com relação aos diferentes tipos de gametas formados, pode-se dizer que

A) foram formados 10% de gametas recombinantes (**Ab** e **aB**).

B) foram formados 20% de gametas parentais (**AB** e **ab**).

C) a frequência de cada um dos quatro tipos de gametas é de 25%.

D) os gametas **AB**, por terem dois genes dominantes, têm uma frequência maior do que os gametas **Ab**, **aB** e **ab**.

E) os gametas **ab**, por terem dois genes recessivos, são os menos frequentes.

GABARITO

Fixação

01. D
02. A
03. B
04. B
05. D

Propostos

01. B
02. D
03. C
04. B
05. C
06. B
07. B
08. B
09. B
10. D
11. B
12. C
13. E

Seção Enem

01. C
02. A